

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究領域「環境・エネルギー（地球規模の環境課題）」

研究課題名「低品位炭とバイオマスのタイ国におけるクリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発」

採択年度：平成 25 年度/研究期間：5 年/相手国名：タイ

平成 29 年度実施報告書

国際共同研究期間^{*1}

平成 25 年 12 月 16 日から平成 30 年 12 月 15 日まで

JST 側研究期間^{*2}

平成 25 年 12 月 20 日から平成 31 年 3 月 31 日まで
(正式契約移行日 平成 25 年 12 月 20 日)

*1 R/D に基づいた協力期間 (JICA ナレッジサイト等参照)

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた年度末

研究代表者：三浦孝一

京都大学エネルギー理工学研究所・特任教授

I. 国際共同研究の内容 (公開)

(1) 研究の主なスケジュール

表 1 研究計画

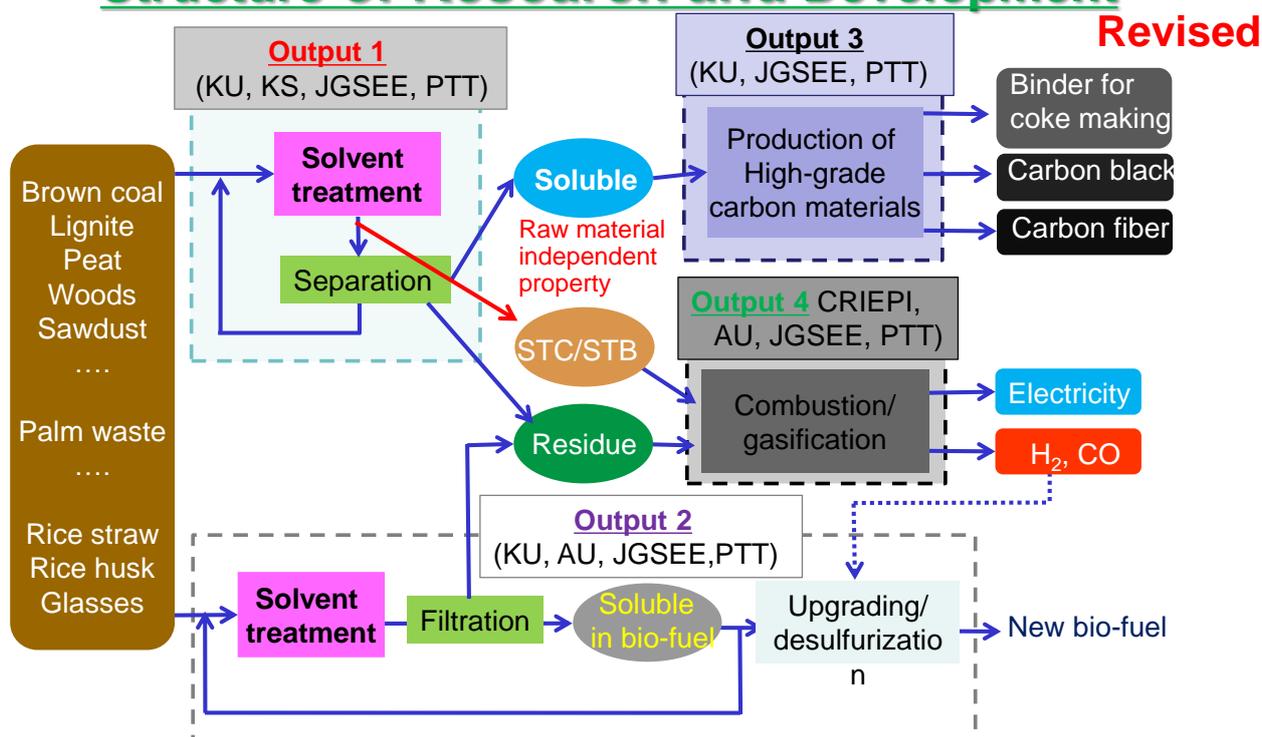
研究題目・活動	スケジュール					
	H25年度 (10ヶ月)	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
研究項目1:「溶剤改質法」による低品位炭とバイオマスの効率的脱水と改質						
1.1 オートクレーブ(0.5 L)を用いたバッチ試験による低品位炭、バイオマスの溶剤改質挙動評価	→					
1.2 オートクレーブ(0.5 L)を用いたバッチ試験による最適条件の検索	→					
1.3 Soluble、改質燃料の詳細な特性評価		→				
1.4 小規模半連続抽出装置 (1 kg/h) の設計と製作		→			*1	
1.5 小規模半連続抽出装置 (1 kg/h) を用いた試験		←		輸出	→	
1.6 溶剤改質法のパイロットプラント建設 (10 ton/day) のための概念設計					→	
研究項目2:「溶剤改質」と「高効率脱硫・改質」によるバイオマスからの新規Bio-fuelの製造への本改質法の適用性の検討						
2.1 回分反応器 (0.5 L) 試験によるBiofuels製造の最適条件の探索	→					
2.2 溶剤改質物の脱硫ならびにアップグレード法の開発		→				
2.3 製造した新規Biofuelのガスタービンによる燃焼試験				→		
2.4 新規Biofuel 製造プロセスのフィージビリティスタディ					→	
研究項目3:「溶剤改質」で生成するSolubleの機能性炭素材料への変換						
3.1 Solubleの炭素材料源としての特性評価	→					
3.2 Soluble からの炭素繊維ならびにカーボンブラックの製造可能性検討	→					
3.3 小規模炭素繊維製造装置の製作とそれによる炭素繊維製造試験			←			*3
3.4 パイロットプラント建設のための概念設計					→	
研究項目4:「溶剤改質」で生成する改質燃料・残渣の高効率・クリーン燃焼・ガス化						
4.1 熱天秤 (TG) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動基礎検討	→					
4.2 気流層反応装置 (DTF) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動検討 (CRIEPI)	→					
4.3 流動層反応装置 (FB) を用いた改質燃料・残渣の燃焼・ガス化挙動検討 (CRIEPI)	→					

- 1) 設計・仕様書は 28 年度 5 月に完成したが、国際入札に 3 カ月、さらに製作に 9 カ月を要することから、設置は 29 年 9 月になる予定である。
- 2) 1) の変更に伴い、導入機材を用いた実験は装置設置後から開始となる。
- 3) 炭素繊維製造の可能性が示唆されたので前倒しで実施
 - 4.1 に関連して、DTF の発注は国際入札に 3 カ月、さらに製作・設置に 7 カ月を要したが、28 年 1 月に JGSEE への設置が完了した。

(2) 研究・技術開発構造の明確化

計画時に Output 4 で開発する技術は「改質燃料 (Upgraded fuel)」と総称していたが、それを図 1 に示すように、溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) と残渣 (Residue) に区別し、それぞれの固体燃料としての評価を実施することにした。評価の指標には、新たに自然発火性を加え、京都大学と JGSEE が協力して検討することとした。さらに、中間評価でのタイ産の石炭を使用していないとの指摘を踏まえて、平成 29 年度はタイ産の褐炭である Mae Moh 炭を用いて一連の検討を追加実施した。

Structure of Research and Development



- Output 1:** Upgrading of low rank coals and biomass by solvent treatment
Output 2: Production of new bio-fuel from biomass wastes and effective upgrading
Output 3: Production of high-grade carbon materials from the Solubles
Output 4: Combustion/gasification of upgraded fuels/residues

図1 研究スキームの概要

2. プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト (公開)

- ・プロジェクト全体のねらい、

本プロジェクトでは、タイ国と日本の研究者が緊密な連携をとりながら、「溶剤改質法」という新規な技術を基盤技術として、低品位炭とバイオマス廃棄物を高効率で液体燃料、炭素材料、電力などに転換することによって、低品位炭とバイオマス利用の抱える問題を解決し、地球規模のエネルギー・環境問題の解決への貢献を目指す。

- ・成果達成状況とインパクト等

① プロジェクトの円滑な遂行に向けた協議

平成 25 年 5 月 21 日から JST の暫定研究を開始、タイ側との緊密な意見交換と詳細研究計画の策定を経て討議議事録 (R/D) の調印と共同研究契書 (MOU) を締結し、同 12 月 21 日より JICA 支援の国際共同研究がスタート、併せて JST の研究も正式にスタートした。以後、JST、JICA 担当者、日本側、タイ側のほぼ全メンバーの参加の下に 毎年 JCC 会議、成果報告会を開催して研究進捗状況と今後の計画について共通の認識を得るよう務めた。表 2 には平成 29 年度に開催した主要な会議の概要を示した。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

表2 平成29年度の主要な会議の開催実績

H29年11月22日	JCC会議	PTT-RTI (Ayuthaya)	JSTより小林氏他1名, JICAより三宅タイ事務所副所長他3名, タイ政府関係機関より4名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2017年度までの進捗報告と最終年度の進め方について意見交換。PTTに導入された半連続抽出装置の見学
H29年11月23日	29年度成果報告会	PTT Main Office Bangkok, Thailand)	26人(国内:13人, タイ国:10人)	特に, タイでのプロジェクトの進捗状況について報告, 今後の計画の議論, 導入装置の視察
H30年2月22日	グループ全体会議	京都大学エネルギー理工学研究所、宇治市	17人(国内:11人, タイ国:6人)	中間評価のための成果報告会



図2 PTTに導入した半連続装置の見学とJCC会議(平成29年11月22日)

【平成29年度実施報告書】【180531】



図3 タイメンバーの三菱重工（株）長崎総合研究所の見学（平成30年2月20日）



図4 グループ全体会議の様子（平成30年2月22日、京都大学エネルギー理工学研究所）

② 専門家の派遣と研修員の受入れ

表3（様式03投入実績参照）に記したように、これまでに日本人専門家のべ120人余を860人日以上にわたり JGSEE/KMUTT と PTT/RTI に派遣、のべ41人の研修員を686人日にわたって日本の研究グループが分担して受入れ、種々の実験技術の習得と技術移転に努めた。また、JGSEE/KMUTT の Bangkhuntien キャンパスの3号館6階に本プロジェクト専用の事務所が開設され、JICA 現地調整員が常時駐在するとともに、日本側専門家の活動拠点となっている。表3には平成29年度の専門家派遣、表4には研究者受入の実績を示した。

表3 平成29年度専門家派遣実績

出張者（所属）	出張期間	出張先
三浦孝一（京都大学）	5/13 - 5/25	JGSEE/KMUTT
Janewit Wannapeera（京都大学）	5/13 - 5/25	JGSEE/KMUTT
三浦孝一（京都大学）	9/14 - 9/16	PTT-RTI
奥山憲幸（神戸製鋼所）	9/14 - 9/16	PTT-RTI
三浦孝一（京都大学）	10/6 - 10/14	PTT-RTI, JGSEE/KMUTT
Janewit Wannapeera（京都大学）	10/6 - 10/14	PTT-RTI, JGSEE/KMUTT

【平成29年度実施報告書】【180531】

奥山憲幸 (神戸製鋼所)	10/8 - 10/13	PTT-RTI
三浦孝一 (京都大学)	10/30 - 11/4	PTT-RTI
奥山憲幸 (神戸製鋼所)	11/1 - 11/24	PTT-RTI
堺 康爾 (神戸製鋼所)	11/1 - 11/10	PTT-RTI
三浦孝一 (京都大学)	11/11 - 12/2	PTT-RTI, JGSEE/KMUTT, JICA
Janewit Wannapeera (京都大学)	11/11 - 11/24	JGSEE/KMUTT, PTT-RTI
堺 康爾 (神戸製鋼所)	11/13 - 11/24	PTT-RTI
大垣英明 (京都大学)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
蘆田隆一(京都大学)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
菅原勝康 (秋田大学)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
村上賢治 (秋田大学)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
加藤貴宏 (秋田大学)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
梶谷史朗 (電力中央研究所)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
丹野賢二 (電力中央研究所)	11/21 - 11/23	PTT-RTI
梅本 賢 (電力中央研究所)	11/21 - 11/24	PTT-RTI
池田 敦 (電力中央研究所)	11/21 - 11/24	PTT-RTI

表4 平成28年度研究者受入実績

出張者(所属)	受入れ期間	受入先
Nakorn Worasuwanarak (JGSEE)	H29 10/16-10/28	秋田大学, 京都大学
Supachita Krerkkaiwan (JGSEE)	H29 10/22-10/28	京都大学
Arunratt Wuttimongkolchai (PTT-RTI)	H30 2/18-2/22	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学
Nakorn Worasuwanarak (JGSEE)	H30 2/18-2/23	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学
Suneerat Fukuda (JGSEE)	H30 2/18-2/23	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学
Supachita Krerkkaiwan (JGSEE)	H30 2/18-2/23	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学
Suttipong Tunyapisetsak (PTT-RTI)	H30 2/18-2/23	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学
Anurak Winitson (PTT-RTI)	H30 2/18-2/23	三菱重工(株)長崎総合研究所, 京都大学

③ 共通試料の調製と全研究機関への配布

26年度に稲わらを原料として、350℃、1時間の抽出条件でメチルナフタレンを溶剤として共通評価試料を神戸製鋼所グループが調製し、連携する研究機関へ提供したが、27度はPTTから供給された石炭を用いて同様にして共通評価試料を神戸製鋼所グループが調製し、連携する研究機関へ提供するとともに、収率構造と製造試料の物性値を整理した。29年度は、上述のようにMae Moh炭を処理して、Soluble, Residue, ならびにSTCを調製し、それらを連携する研究機関へ提供した。各研究機関では、Solubleからの炭素繊維製造、ResidueとSTCの固体燃料としての評価が実施された。

【平成29年度実施報告書】【180531】

④ 機材の導入完了によるタイ側の研究の本格化

平成 26 年度に 8 点，27 年度に 7 点，平成 28 年度に 5 点の機材を JGSEE/KMUTT と PTT に導入した（様式 03 投入実績参照）。平成 29 年度には，表 5 に示すように大型の半連続型溶剤改質装置（研究題目 1，2 に関連）を PTT-RTI に導入した。本機器の選定、設計、運転は、神戸製鋼所メンバーの全面的支援を得て、平成 29 年 10 月には PTT-RTI への導入が完了した。特記すべきは，本装置の導入に際して，神戸製鋼所より本プロジェクトのメンバーである奥山，堺の両氏に加えて，2 名の職員の方が，最大 1 ヶ月の長期に渡って PTT/RTI に滞在して装置の設置・試運転に立ち会い，技術指導を行った点である。おかげで，同装置は順調に運転を開始し，導入時期が遅れたが，所期の計画通りの試料調製ができる見込みである。

表 5 平成 28 年度に相手国に導入した機材

種別	供与機材	設置場所	機材到着日	利用状況
本邦調達	半連続抽出装置	PTT-RTI	2017/10/6	褐炭，種々バイオマスの溶剤改質実験に経常的に利用

（2）京都大学グループ

研究題目：研究総括ならびに溶剤改質法の高効率化と Soluble の高機能性炭素材への転換

（1-1）溶剤改質法の高効率化に関する研究

① 研究のねらい

提案プロセスの実装化に際しての一つの課題は溶剤の選定である。さらに，上述のように昨年度からは溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス（STC/STB）の固体燃料としての評価を実施することにした。本年度は，まず前年度に引き続き溶剤種が STC/STB に及ぼす影響について，従来通り 3 つの成分に分離する場合と比較しながら検討し，実際に用い得る安価で容易に手に入る溶剤の選定を試みた。

② 研究実施方法

原料として豪州褐炭（Loy Yang, LYと略記），タイ産稲わら（Rice Straw, RSと略記）を用いた。それらの分析値を表1-1と1-2に示す。

溶剤として，昨年度までに用いていた1-methylnaphalene (1-MN)，PTTから提供された灯油（kerosene）1-MNとkeroseneを1対1で混合した溶剤(mixed solvent)に加えて，あらたにPTTから提供された原油蒸留の一留分であるA150を用いた。keroseneとA150はともに容易に入手できかつ安価であるので実溶剤の候補として考えている。keroseneとA150のGC-MSによる分析結果を図1-1に示す。keroseneは炭素数19～14の直鎖アルカンが，A150は複数のメチル基が付加したベンゼン誘導体が主成分である。

溶剤改質と3成分の分離・回収，ガスの分析法は昨年度までに報告した通りである。溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス（STC/STB）を調製する場合は，溶剤処理後の試料全体をそのまま冷却し，溶剤をロータリーエバポレータで除去してSTC/STBを得た。3成分の分離・回収が完全に行われておれば，原理上，STC/STBの収率は3成分（Soluble, Deposit, Residue）の収率の合計と一致する。

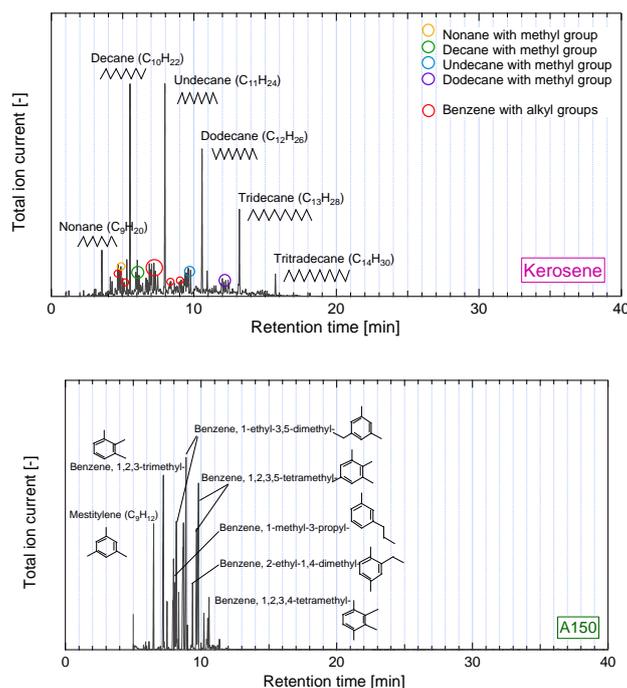


図1-1 KeroseneとA150のGC-MSによる分析結果

表 1-1 使用した石炭とそれらの種々の溶剤による改質物の分析値

Coal	Yield [wt %, d.a.f.]	Ultimate analysis [wt %, d.a.f. ^a]				Proximate analysis [wt %, d.b. ^b]			Atomic ratio [-]		HHV [MJ/kg, d.a.f.]
		C	H	N	O (diff.)	VM	FC	ash	O/C	H/C	
Loy Yang (LY)		66.6	4.5	0.5	28.4	50.0	47.8	2.2	0.32	0.81	23.9
<i>Extraction in 1-MN</i>											
Residue	55.6	76.4	4.0	0.9	18.7	36.7	60.4	2.9	0.18	0.63	28.3
Deposit	7.5	77.9	5.0	0.9	16.2	40.2	58.9	0.9	0.16	0.77	30.6
Soluble	20.2	81.4	7.4	0.5	10.7	74.9	24.5	0.6	0.10	1.09	36.3
STC	84.6	78.5	4.8	0.9	15.8	42.4	55.7	1.9	0.12	0.73	30.9
<i>Extraction in mixture of 1-MN and kerosene (mixed solvent)</i>											
Residue	67.1	78.9	4.2	0.8	16.1	32.2	65.6	2.2	0.15	0.64	29.9
Deposit	8.1	74.8	5.7	0.8	18.8	49.4	49.9	0.7	0.19	0.91	30.1
Soluble	12.0	80.5	8.7	0.3	10.5	83.0	16.9	0.1	0.10	1.30	37.9
STC	83.2	80.1	5.0	0.9	14.0	41.2	56.6	2.1	0.13	0.75	31.8
<i>Extraction in Kerosene</i>											
Residue	71.2	77.7	4.2	1.7	16.5	30.6	67.2	2.2	0.16	0.65	29.3
Deposit	1.8	75.2	6.1	1.7	16.9	70.7	28.8	0.5	0.17	0.97	31.2
Soluble	4.8	84.9	10.7	0.4	4.0	89.0	10.9	0.1	0.04	1.51	43.4
STC	77.1	75.2	4.7	0.7	19.4	37.6	59.9	2.6	0.19	0.75	28.7

Extraction in A150

Residue	66.8	78.4	4.5	0.8	16.2	34.3	63.8	1.9	0.15	0.69	30.1
Deposit	5.0	77.8	5.8	0.8	15.6	50.1	49.6	0.3	0.15	0.90	31.9
Soluble	14.5	82.1	8.7	0.3	8.9	83.8	16.1	0.1	0.08	1.27	38.7
STC	83.6	81.9	5.2	0.8	12.2	39.0	58.7	2.3	0.11	0.76	32.9

^aDry, ash-free. ^bDry basis.

表 1-2 使用した稲わらとそれらの種々の溶剤による改質物の分析値

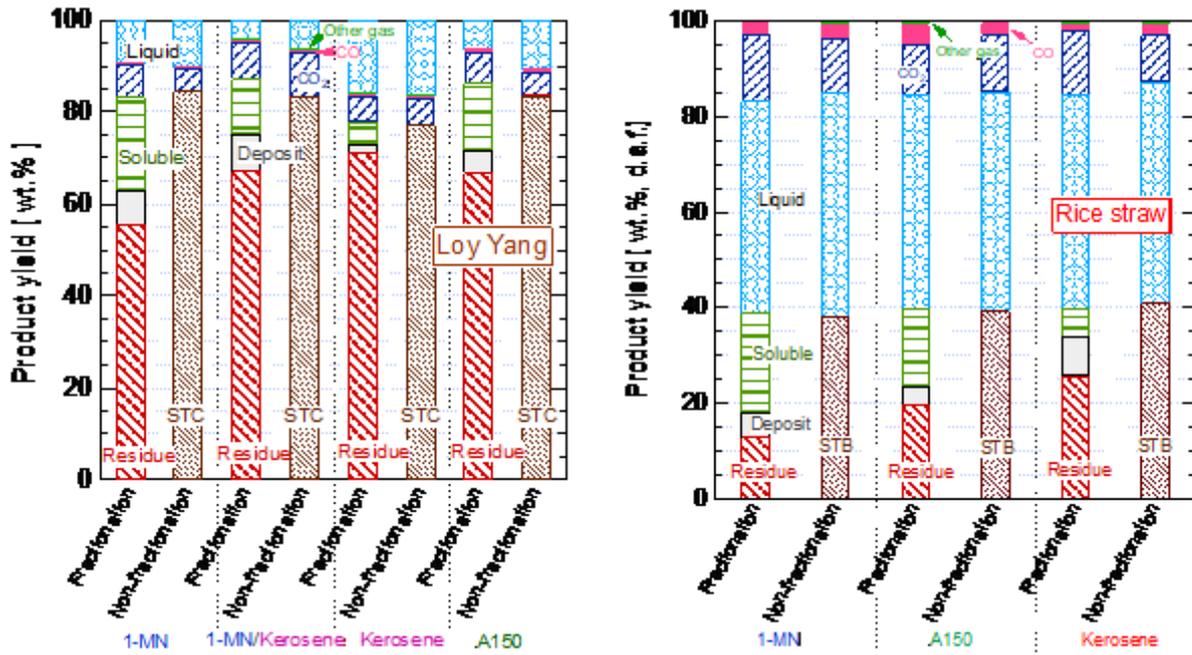
Sample	Yield [wt %, d.a.f.]	Ultimate analysis [wt %, d.a.f. ^a]				Proximate analysis [wt %, d.b. ^b]			Atomic ratio [-]		HHV [MJ/kg, d.a.f.]
		C	H	N	O (diff.)	VM	FC	ash	O/C	H/C	
Rice straw (RS)		42.5	6.5	0.6	50.4	72.2	13.6	14.2	1.84	0.89	14.7
<i>Extraction in 1-MN</i>											
Soluble	20.7	84.7	7.1	1.0	7.1	66.9	33.1	0.0	1.01	0.06	37.6
Deposit	5.3	79.3	5.6	1.6	13.6	39.5	60.0	0.5	0.85	0.13	32.4
Residue	12.8	61.3	4.8	1.0	32.8	32.9	14.9	52.3	0.95	0.40	21.7
STB	38.0	76.2	5.9	1.0	16.9	34.0	34.7	31.3	0.93	0.17	31.2
<i>Extraction in A150</i>											
Soluble	16.1	80.8	7.7	1.2	10.3	75.1	24.9	0.0	1.14	0.1	36.6
Deposit	3.9	80.4	6.0	1.7	11.8	45.3	54.7	0.0	0.90	0.11	33.7
Residue	19.6	67.7	5.4	0.9	26.0	30.4	35.0	34.6	0.95	0.29	26.0
STB	39.3	75.4	6.3	0.9	17.4	34.1	33.7	32.2	1.00	0.17	31.4
<i>Extraction in Kerosene</i>											
Soluble	6.0	82.1	8.8	0.9	8.2	88.6	11.4	0.0	1.29	0.07	39.0
Deposit	8.1	81.3	6.7	1.8	10.2	60.8	39.2	0.0	1.00	0.09	35.3
Residue	25.6	70.1	5.2	1.0	23.8	36.5	26.4	37.1	0.88	0.25	26.9
STB	40.9	72.3	6.0	0.9	20.8	30.8	35.0	34.2	1.00	0.22	29.3

③ 当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

表 1-1 と 1-2 に、成分に分離した場合と分離しない場合の各成分の収率、元素分析、工業分析を示す。図 1-1 に生成収率に及ぼす溶剤種の影響を示す。いずれの原料と溶剤の組み合わせにおいても、STC/STB の収率は 3 成分（Soluble, Deposit, Residue）の収率の合計とほぼ一致しており、溶剤改質実験が精度よく実施できていることを示している。次に、溶剤種の影響に注目すると、バイオマスの RS については、STB の収率（≒Soluble, Deposit, Residue の収率の合計）は溶剤種によらずほぼ同じである。Soluble の収率は 1-MN, A150, kerosene の順に小さくなった。LY 炭についても、STC の収率（≒Soluble, Deposit, Residue の収率の合計）は kerosene の場合は若干小さいが、他の溶剤種ではほぼ同じである。Soluble の収率も 1-MN, A150, mixed solvent, kerosene の順に小さくなった。以上の結果から、溶剤種は溶剤処理には影響しないが、Soluble, Deposit, Residue の収率の割合は溶剤の溶解力に依存することを示している。このことは、図 1-3 に示した Soluble の分子量分布にも反映されている。たとえば、RS に注目すると、kerosene を用いて得られた Soluble の分子量分布は A150 を用いた Soluble の分子量分布に、さらに

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

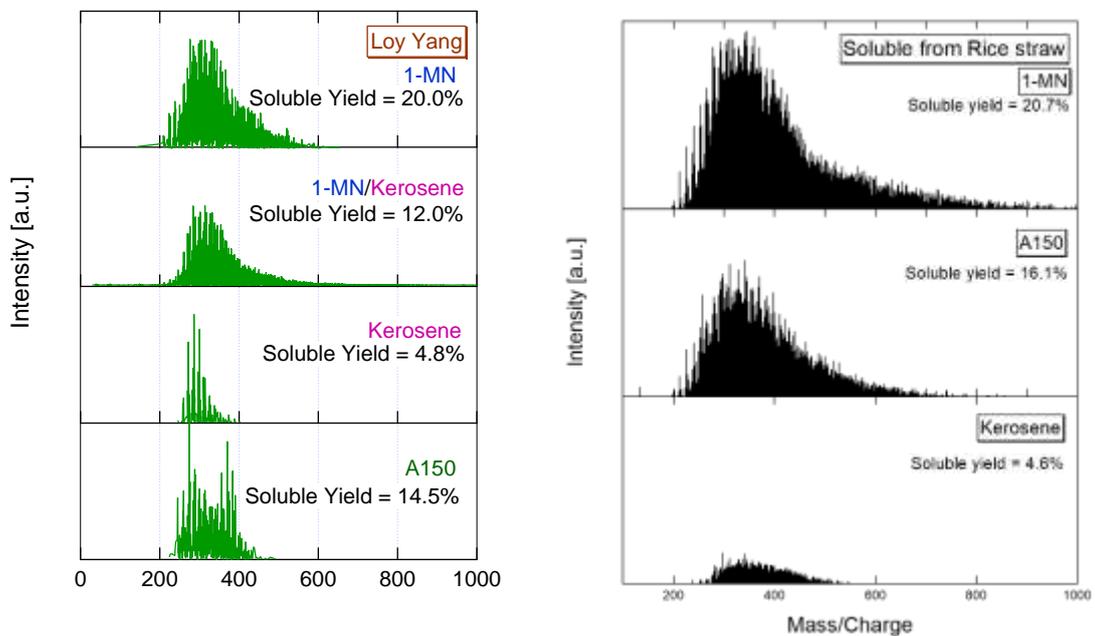
A150を用いて得られた Soluble の分子量分布は 1-MN を用いた Soluble の分子量分布に包含されており、Soluble の溶剤への溶解性の大小が Soluble の収率と分子量分布を規定することが示された。すなわち、Soluble を高収率で得るには 1-MN や A150 を用いる必要があるが、STC/STB を調製するにはいずれの溶剤でもよいことを示している。



(a) LY炭

(b) タイ産稲わら (RS)

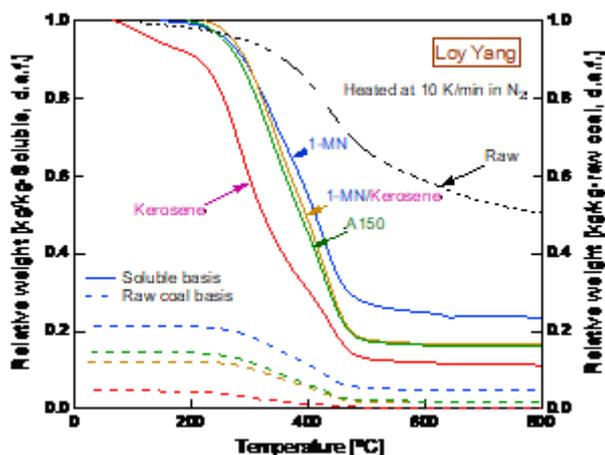
図1-2 溶剤処理生成物収率に及ぼす溶剤種の影響



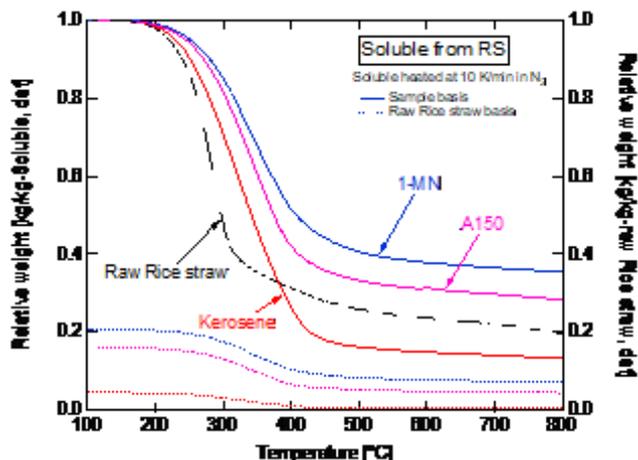
(a) LY炭

(b) タイ産稲わら (RS)

図1-3 Solubleの分子量分布（収率に合わせて全面積を変化させた）に及ぼす溶剤種の影響

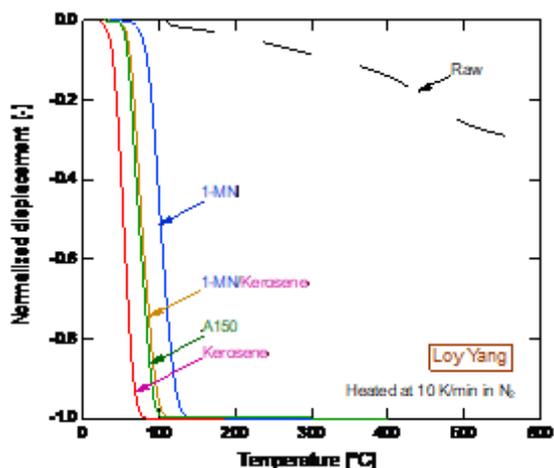


(a) LY炭

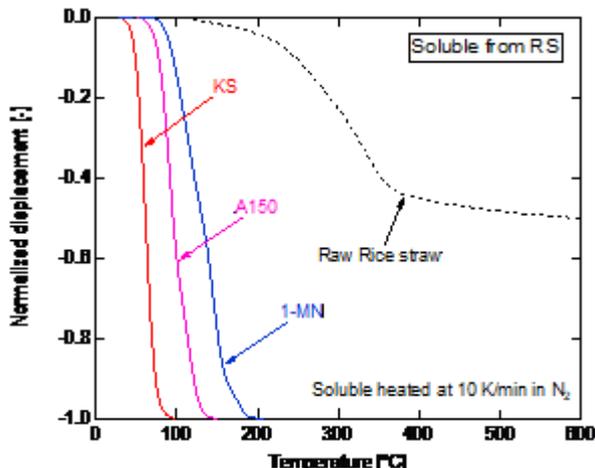


(b) タイ産稲わら (RS)

図1-4 種々の溶剤から調製したSolubleの熱重量変化 (TG) 曲線



(a) LY炭



(b) タイ産稲わら (RS)

図1-5 種々の溶剤から調製したSolubleの熱機械分析 (TMA) 曲線

種々の溶剤を用いて得られた Soluble の熱重量変化 (TG) 曲線を図 1-4 に、熱機械分析 (TMA) 曲線を図 1-5 に示した。A150 を用いて得られた Soluble の特性は 1-MN を用いて得られた Soluble のそれと大差ないことがわかる。

以上の結果を実用面から考えると、Soluble調製にはA150が、STC/STBの調製には溶剤の分離が容易な Keroseneが適していると判断された。さらに、STC、STBの元素組成のC%に注目すると、LYでは75.2~81.9%、LYでは72.3~75.4%と原料に比べて格段に大きくなっている。測定した 元素組成からDulong式により推定したSTC、STB発熱量はいずれも30 MJ/kg程度であり、溶剤改質法が非常に有効であることを改めて示している。

(1-2) Mae Moh 炭から調製した溶剤改質炭と残渣の自然発火性の評価

① 研究のねらい

課題4では、(1-1)に示した溶剤改質で得られる固体生成物の溶剤改質炭 (STC)、溶剤改質バイオマス (STB) と残渣の固体燃料としての評価を、主として燃焼性とガス化活性の観点から実施している。溶剤改質法は低品位の原料の脱水と高品質化 (改質) に有効であるが、固体燃料としての評価には自然発火性の評価がもう一つの重要な検討項目である。従来、自然発火の評価には信頼し得る指標が提案されていなかったが、本プロジェクトにおいて、空気中の酸素との反応による発熱速度に加えて、空気中に含まれる水蒸気の急激な吸着による大きな発熱が自然発火の引き金になることを示し、それらを実験する手段として、100°C付近での乾燥空気中と湿潤空気中での発熱速度の測定が有効であることを明らかにした。昨年度は2種類の褐炭について本手法を適用した結果を報告したが、本年度はタイ産褐炭の Mae Moh 炭から調製した STC と残渣の自然発火性を評価した。STC と残渣は神戸製鋼所で調製された共通試料である。Mae Moh 原炭、STC、残渣の分析値は表 5-1 を参照されたい。また、比較試料として、350°Cで熱分解して調製したチャー (調製後試料瓶中で1週間程度保存、Stabilized Char と略記) と 350°Cで熱分解した後に空気と接触していないチャー (Fresh Char と略記) も用いた。

② 研究実施方法

装置として、100°C近傍で乾燥空気と湿潤空気中での固体試料の反応に伴う重量と発熱速を同時に測定できる TG-DSC 装置 (NETSCH, STA449 F3, 本研究経費で導入) を用いた。10~15 mg程度の試料を JIS 規格に定める 107°Cにて窒素中で乾燥した後に、乾燥空気あるいは 60°C飽和蒸気を含む空気を導入して、酸素による酸化による発熱と水蒸気の吸着に由来する発熱速度を測定した。

図 1-6(a)に、Mae Moh 原炭、それから調製した溶剤改質炭 (STC)、Residue, Stabilized Char, Fresh Char を 107°Cにおいて乾燥空気と反応させたときの重量変化と発熱速度の経時変化を示す。図より、STC と Residue の重量の増加は 30 分でも 0.3%と小さいが、Fresh Char は 0.9%の重量増加を示した。STC と Residue の発熱速度と累積の発熱量は原炭とほぼ同じで非常に小さいが、Stabilized Char は最大 0.46 kW/kg もの大きな発熱速度を示し、30 分後の累積の発熱量も 160 kJ/kg にも達した。これらの結果は、STC と Residue の乾燥空気との反応性は Stabilized Char や Fresh Char よりも格段に小さく、原料褐炭と同等であることを示している。

図 1-6(b)は同じ試料を 60°C飽和蒸気を含む空気と接触させた際の重量変化と発熱速度の経時変化を示す。乾燥空気中とは異なり、大きな重量増加と発熱速度が乾燥された。ガス流れを窒素に切り換えると重量減少と吸熱が観測されたことより、重量増加と発熱の大部分は水蒸気の吸着によるものであることがわかる。STC の重量増加と累積発熱量は原炭の 1/3 程度、であり、Residue のそれらは原炭の約半分にすぎない。一方、Stabilized Char や Fresh Char は原炭よりも大きな累積発熱量を示した。これらの結果から、溶剤改質によって水蒸気の吸着が大幅に抑制されたことがわかる。両図の結果から STC と Residue の自然発火性は原料褐炭や Stabilized Char, Fresh Char よりも格段に小さいと結論できる。このように、タイ産の Mae Moh 炭についても、提案した溶剤改質法が自然発火性の抑制に非常に効果的であることが明らかになった。

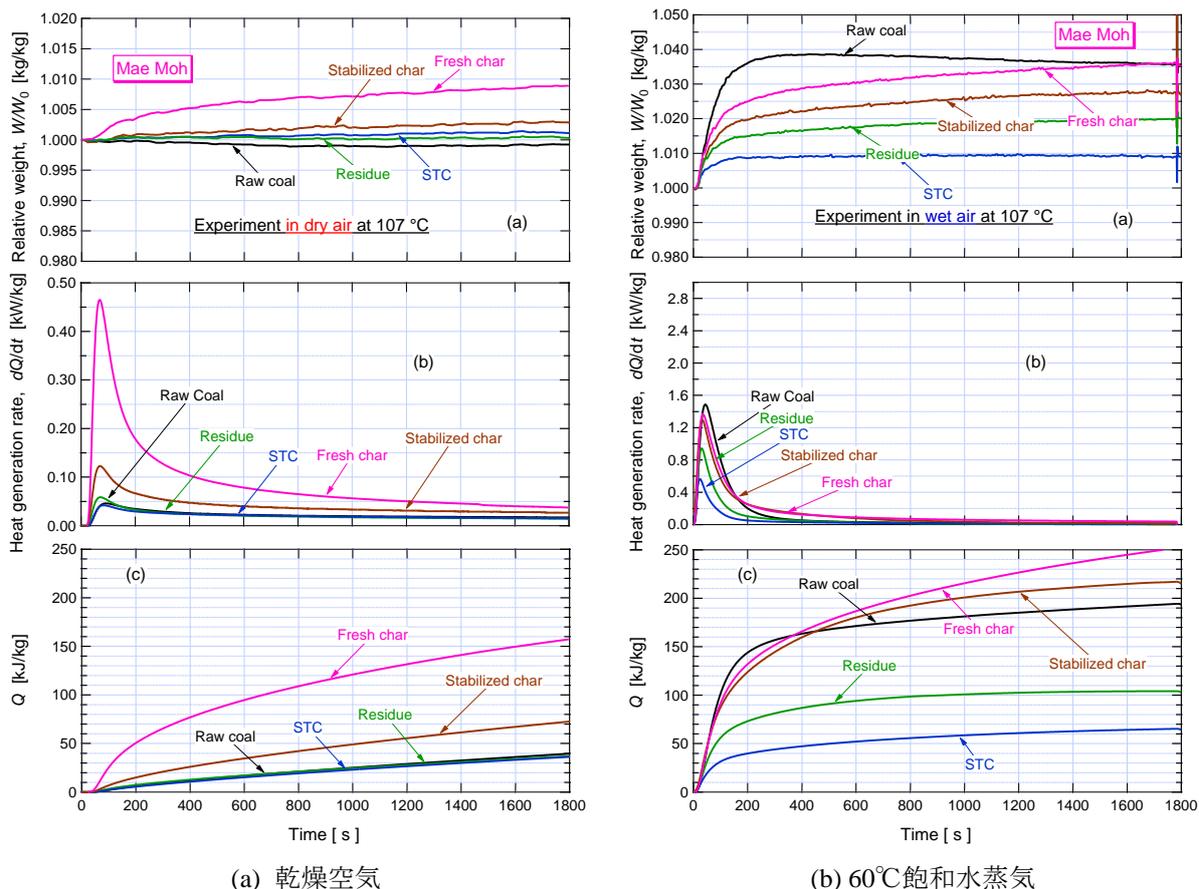


図 1-6 種々の溶剤から調製した Soluble の熱機械分析 (TMA) 曲線

(1-3) Mae Moh 炭から調製した Soluble からの炭素繊維を製造するための要素技術の高度化に関する検討

① 研究のねらい

平成 28 年度までに、神戸製鋼所で調製された共通試料の稲わら由来の Soluble と石炭 (PTT から供給、PTT Coal と略記) から調製された Soluble を用いて、Soluble を紡糸に適した特性を持つように改質する際の最適前処理条件を見出し、両 Soluble から炭素繊維、さらには活性炭素繊維の製造に成功した。本年度は、新たに共通試料として神戸製鋼所から提供されたタイ産の Mae Moh 炭から調製した Soluble を用いて同様の検討を実施した。

② 研究実施方法

表 1-3 検討に用いた Mae Moh Soluble と炭素繊維用 Oil pitch の元素分析値

Sample	Elemental composition [% , d.a.f.]			
	C	H	N	O+S (dif.)
MM coal	65.7	6.4	2.4	25.5
MM coal Soluble	81.4	7.1	1.7	9.7
Oil pitch	94.0	5.3	0.3	0.5

表 1-3 に Mae Moh 炭と Mae Moh 炭 (MM coal) から調製した Soluble (MM coal Soluble) の元素分析値

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

を示す。併せて、目標とする Oil pitch の元素分析値を示す

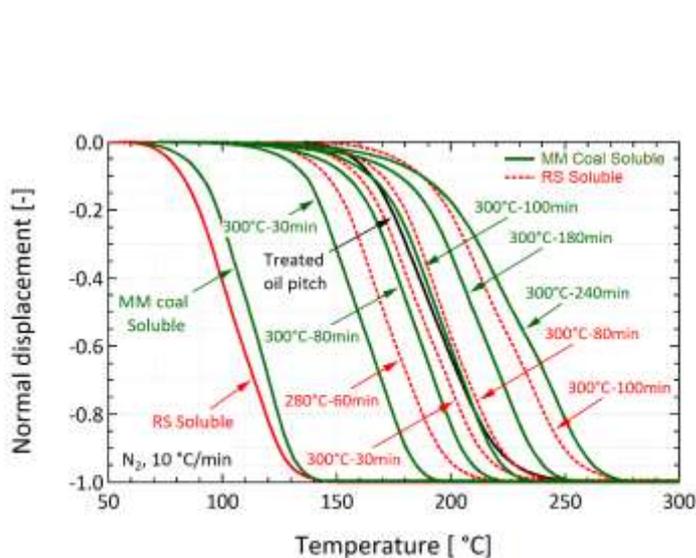


図 1-7 N₂-purge に伴う Soluble の TMA 曲線の変化

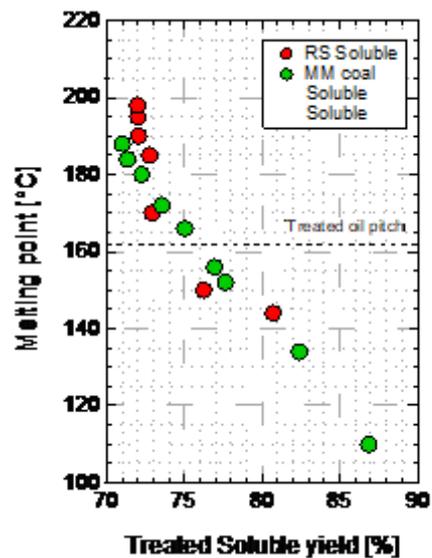


図 1-8 N₂ purge に伴う Soluble の軟化点の変化

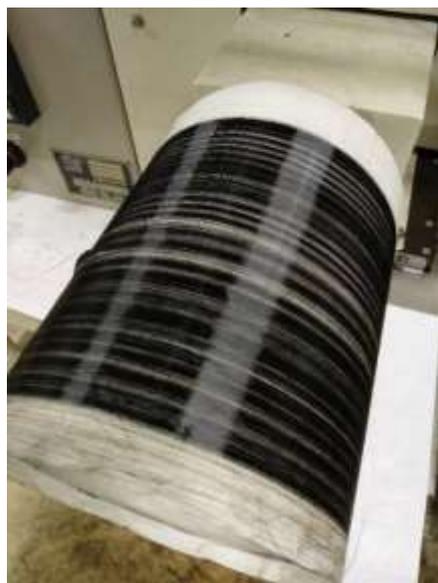


図 1-9 RS Soluble を空气中で 300°C で 100 分処理した Soluble(MM300°C -100min)を紡糸したピッチ繊維をロールに巻きとった様子 (紡糸速度 = 180 m/min)

図 1-7 に種々の条件下で N₂ パージ処理した MM coal Soluble の TMA 曲線 (緑線) を示す。参考のために、昨年度までに検討した稲わらからの Soluble (RS Soluble, 赤線) と処理した Oil pitch (黒線) の TMA 曲線も示す。N₂ パージ処理の条件は、たとえば 300°C-80min は 300°C で 80 分間処理したことを示す。処理条件を過酷にするに従い TMA 曲線は高温側へシフトする。MM coal Soluble の場合は 300°C-100min の処理により目的とする Oil pitch (黒線) に近づけることができた。

図 1-8 には、N₂ パージ処理した Soluble の収率を横軸にとって、N₂ パージ処理した Soluble の融点を示した。MM Soluble (緑 Key) については両者に良好な直線関係が成立し、RS Soluble よりもフレクシ

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

ブルにかつ容易に融点を変化し得ることが示された。

図 1-9 には、MM300°C-100min を紡糸している様子を示す。180 m/min の高速で紡糸できてピッチ繊維が得られている様子がわかる。図 1-10 には、得られたピッチ繊維の SEM 写真を示す。この繊維の平均径は 14.7 μm 程度で中空状ではなかった。さらに、炭素繊維にしても図 1-11 に示すように中空の繊維とはならなかった。RS Soluble の場合は同条件で中空繊維であったので、処理条件では中空繊維ができるか否かの判定はできない。

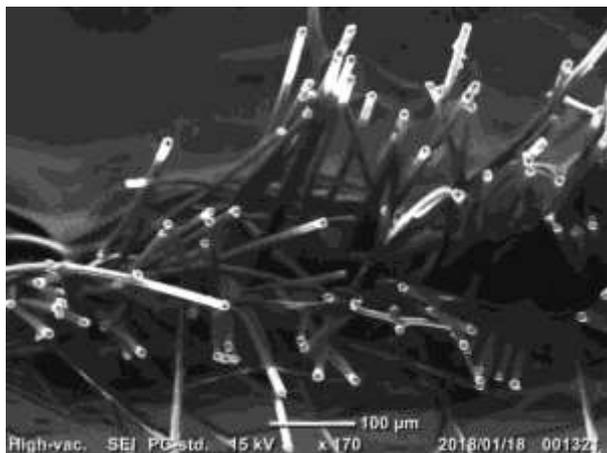


図 1-10 MM300°C-100min (m.p.= 166 °C)から紡糸したピッチ繊維の SEM 像

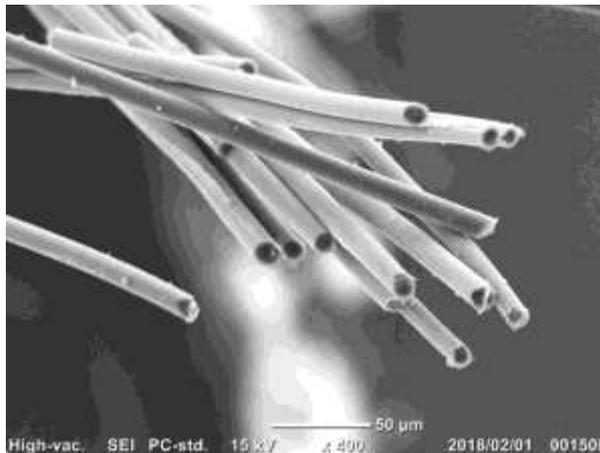
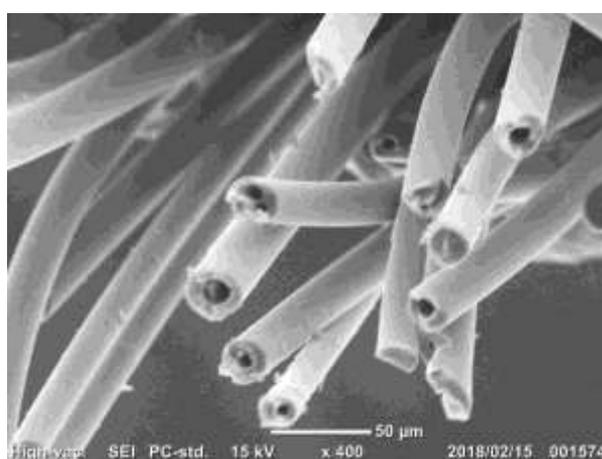


図 1-11 MM300°C-100min (m.p.= 166 °C)から調製した炭素繊維の SEM 像

次に、融点が 188 °C である MM300°C-240min を 180 m/min の紡糸速度でピッチ繊維とした後に不融化、炭素化して調製した炭素繊維の SEM 像を図 1-12 に示す。明らかに繊維は中空状である。さらに、MM300°C-240min を 90 m/min の紡糸速度でピッチ繊維とした後に不融化、炭素化して調製した炭素繊維の SEM 像を図 1-13 に示す。紡糸速度を遅くすると繊維径は大きくなるが、繊維は中空状である。これらの結果から、繊維が中空となるか否かには、紡糸速度よりも処理した Soluble の粘度（融点）が大きく影響することがわかった。いずれにしても、MM coal Soluble からも中空の炭素繊維を調製できることを明らかにすることができた。



図 1-12 MM300°C-240min (m.p.= 188 °C) から調製した炭素繊維の SEM 像 (ピッチ繊維紡糸速度 = 180 m/min)



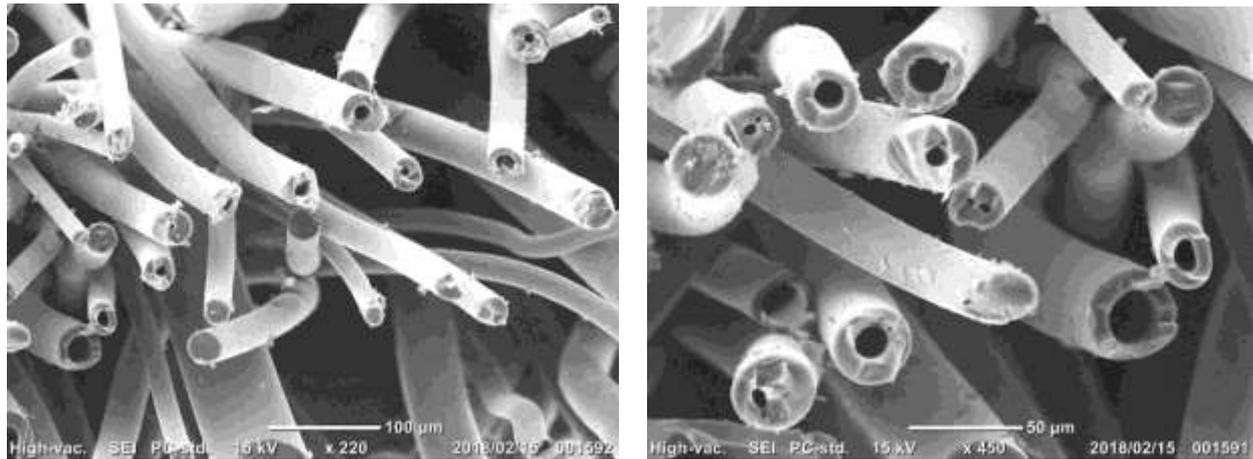


図 1-13 MM300°C-240min (m.p.= 188 °C) から調製した炭素繊維の SEM 像 (ピッチ繊維紡糸速度 = 90 m/min)

表 1-3 に、N₂ パージ処理した MM coal Soluble, それらから調製した不融化繊維と炭素繊維の収率と元素分析結果を示す。MM coal Soluble から調製した炭素繊維の炭素含有量は 88.5~89.2% で RS Soluble からの炭素繊維の炭素含有量 (細孔 85%) よりも大きく、MM coal Soluble からは RS Soluble よりも高性能の炭素繊維が製造できる可能性が示唆された。表 1-4 には、得られた炭素繊維の強度を 28 年度に JGSEE に導入した強度測定装置を用いて測定した結果を示す。MM coal Soluble から調製した炭素繊維は石炭ピッチを原料とする汎用炭素繊維と同等の強度を有することが示された。

表 1-4 N₂ パージ処理した MM coal Soluble, 調製した不融化繊維と炭素繊維の収率と元素分析結果

Sample	Elemental composition [%]				Yield [% , Soluble]
	C	H	N	O (dif.)	
MM coal Soluble	81.4	7.1	1.7	9.8	-
<i>Treated Soluble</i>					
300°C-100 min	80.7	6.6	1.9	10.8	75.0
300°C-180 min	82.4	6.7	2.0	8.9	72.3
300°C-240 min	82.6	6.7	2.0	8.7	71.0
<i>Stabilized fiber (SF)</i>					
SF300°C-100 min	62.8	2.0	2.0	33.2	62.4
SF300°C-180 min	63.5	2.0	2.0	32.5	63.2
SF300°C-240 min	65.4	2.1	2.1	30.4	65.4
<i>Carbon fiber (CF)</i>					
CF300°C-100 min	89.0	0.3	1.9	8.8	33.9
CF300°C-180 min	88.5	0.6	2.6	8.3	33.9
CF300°C-240 min	89.2	0.4	2.5	7.9	36.9

表 1-5 N₂ パージ処理した MM coal Soluble から調製した炭素繊維の強度

Carbon fiber (spun at 180 m/min)	Fiber diameter [μm]	Tensile strength [MPa]	Tensile elastic modulus [GPa]
CF300°C-100 min	11.9 ± 0.8	275 ± 53	52 ± 25
CF300°C-180 min	16.8 ± 0.6	285 ± 46	-
CF300°C-240 min	19.8 ± 2.0	300 ± 50	43 ± 25

京都大学グループのまとめと今後の予定

溶剤改質法に実際に用いる溶剤として、安価でかつ PTT で製造されているアルキル置換ベンゼン (A150) とケロセンの可能性を 1-MN と比較対照させて検討した。その結果、Soluble が目的生成物の場合は A150 が、溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) が目的生成物の場合はケロセンが使用できることを明らかにした。これにより実用溶剤を選定することができた。

中間評価でタイ産の石炭を用いた検討がないとの指摘を受けた。それに応えるために、神戸製鋼所ではタイ産の褐炭である Mae Moh 炭から大量の Soluble, STC, 残渣を共通試料として調製し、関連機関に配布した。京大グループは、STC と残渣の自然発火性の評価と、Soluble からの炭素繊維製造の可能性を検討した。前者の検討では、STC, 残渣ともに原炭に比べて自然発火性が 1/3~1/2 程度と低く、Mae Moh 炭に対しても溶剤改質法が自然発火性の抑制に非常に有効であることを明らかにした。後者についても、Mae Moh 炭 Soluble を原料として、炭素繊維を製造するための前処理法を確立できた。また、Mae Moh 炭 Soluble からも中空の炭素繊維が製造できることを明らかにした。

今後の課題は、

・実用溶剤と選定した A150 を用いての種々の検討：

A150 を用いての Soluble を高効率で低エネルギーで回収できる方法の検討

STC/STB と残渣の自然発火性の検討

Soluble からの炭素繊維製造の最適条件の探索

製造した炭素繊維の用途の検討

なお、PTT-RTI では半連続抽出装置を用いて A150 を溶剤として大量の Soluble, STC, 残渣の調製に着手しているので、これらを共通試料として利用する。

カウンターパートへの技術移転の状況

タイムメンバーと JGSEE の学生併せて 5 名を京都大学に研修員として受け入れ、溶剤改質の最適化、Soluble から炭素繊維を製造するための要素技術、残渣のガス化・燃焼速度の解析法などについて実習を行い、京都大学のノウハウの移転に努めた。さらに、炭素繊維の製造に関しては、平成 27 年度に JGSEE に導入した小型連続紡糸装置を用いて、京都大学と同様の検討が JGSEE でもただちに実施できる体制を整えた。

当初計画では想定されていなかった新たな展開

昨年度より、溶剤改質炭/溶剤改質バイオマス (STC/STB) と残渣の自然発火性の評価を実施している。

(2) 秋田大学グループ

研究題目：低品炭・バイオマス由来液体燃料の高効率脱硫

①研究のねらい

「溶剤改質」を用いて石炭やバイオマス廃棄物を高収率でクリーンな燃料や化学原料に変換する技術の確立に関する研究の一環として、溶剤改質物中の硫黄含有量を極力低減する手法を開発する。

②研究実施方法

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

溶剤改質物中の有機硫黄量を低減することを目的として、イオン液体を用いた抽出分離ならびに酸化による事前脱硫を試みる。本年度は、(1) 種々の石炭を 1-メチルナフタレンで抽出したときの生成物間への硫黄の分配挙動とその形態について、(2) 新規な硫黄を含まないイオン液体ブチルメチルイミダゾリウムクロライドによる Soluble の脱硫、そして(3) 過酸化水素と過酢酸による石炭の酸化による事前脱硫を試みた。

③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

当初の計画に沿って、予定通り研究が進捗している。

④カウンターパートへの技術移転の状況

JGSEE の Nakorn Worasuwannrak 准教授が 2017 年 10 月 17 日から 22 日の間、秋田大学に滞在し、Soluble などの抽出物中の硫黄形態のキャラクタリゼーションや炭素系触媒を用いた Soluble の接触分解法についての研修ならびに討論を行った。

⑤当初計画では想定されなかった新たな展開

特に無し。

3.2 現時点での研究成果等

3.2.1 研究グループ/研究題目別の成果

タイ産の石炭ならびにインドネシア産の石炭を用いて溶剤改質による改質物の調製を行い、生成物間での硫黄の分配挙動を明らかにすると共に、XANES による硫黄形態分析を行った。また新規イオン液体を調製し、Soluble からの有機硫黄の除去を行った。また事前処理として過酸化水素と過酢酸を用いて酸化処理した石炭を調製し、酸化に伴う石炭の硫黄含有量ならびに硫黄形態の変化を調べた。

(1) 溶剤抽出に伴う硫黄の分配

XANES の測定は、高エネルギー加速器研究機構放射光施設ビームライン 11B で行った。図 2-1 に Mae Moh 炭の Soluble、Residue ならびに Deposit の硫黄 K 殻 XANES スペクトルを示す。得られた XANES スペクトルについてピーク分割を行い、硫黄形態の定量解析を行った。また Table1 に Mae Moh、Mae Tan、PTT の 3 種について、原炭とその抽出物についての形態別硫黄の分布を示す。原炭には黄鉄鉱、スルフィド、チオフェン、硫酸塩の形態の硫黄が含まれるが、いずれの炭種でも Soluble 中の硫黄は全てチオフェンであること、また Residue では概ね原炭と似た形態別硫黄分布であること、そして Deposit は有機硫黄が主成分であるが若干の無機硫黄が存在することが確認された。Soluble の硫黄が全てチオフェン構造であったことから、チオフェンに選択性のあるイオン液体による抽出が有効であると推測された。

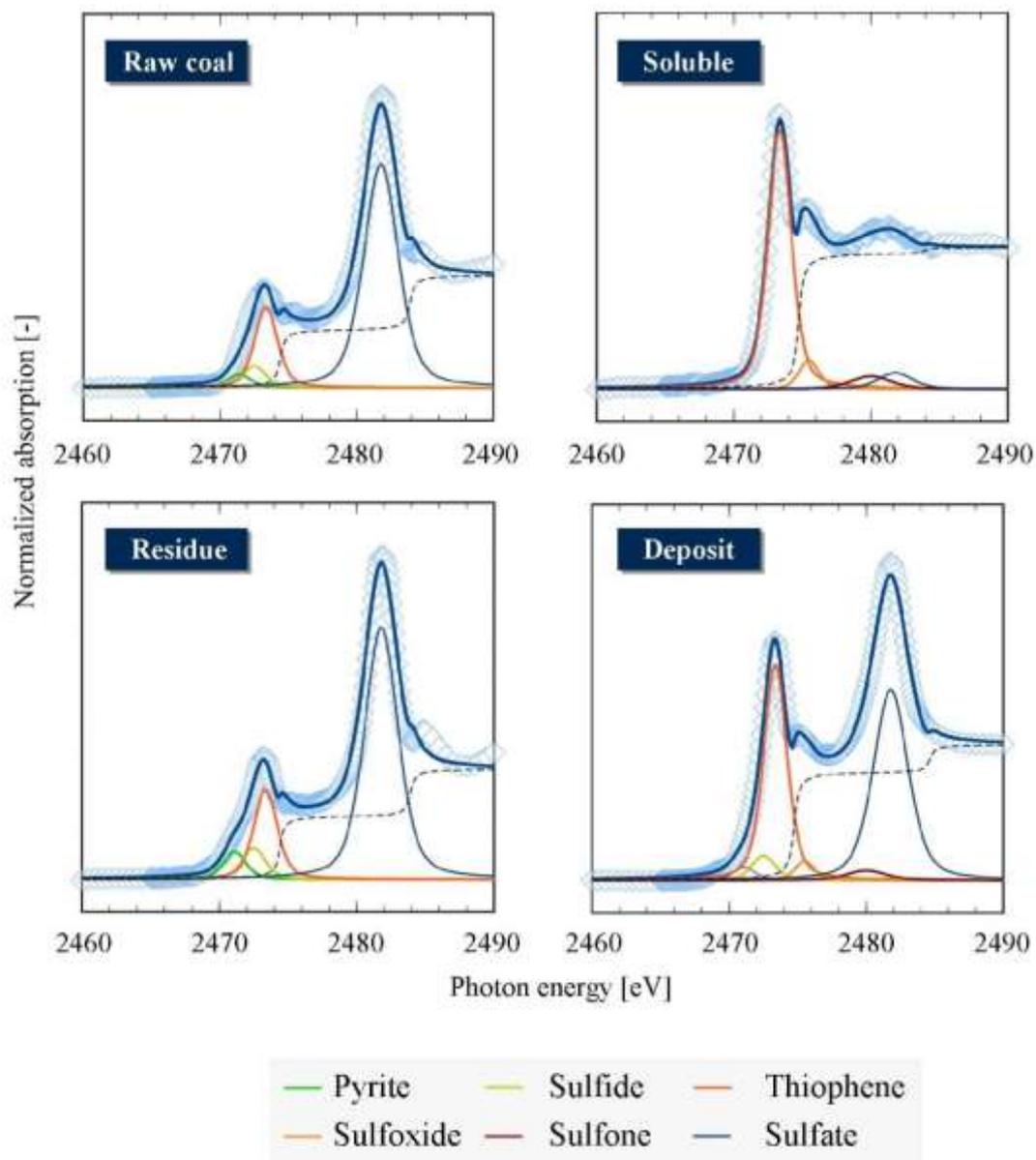


図 2-1 Mae Moh 炭溶剤改質物の硫黄 K 殻 XANES スペクトル

(2) 新規イオン液体を用いた Soluble の脱硫

石炭の酸化による事前脱硫並びに Soluble のイオン液体による脱硫プロセスのフローを図 2-2 に示す。石炭を 1-メチルナフタレンを用いた溶剤抽出を行い、得られた抽出物 Soluble を原料としてイオン液体を用いて硫黄の抽出を行った。ここでイオン液体は昨年度までチオフェンに対する選択性の観点から MMIMMeSO₄ (1,3 ジメチルイミダゾリウム メチルサルフェート) を用いていたが、硫黄濃度の精度や脱硫率向上を目的として本年度は、BMIMCl (ブチルメチルイミダゾリウムクロライド) を用いて硫黄化合物の抽出を行った。

表 2-1 Mae Moh 炭(a), Mae Tan 炭(b)および PTT 炭(c)の原炭ならびに抽出物の形態別硫黄の分布 [% of total sulfur]

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

(a)Mae Moh

Sample	FeS ₂	Sulfide	Thiophene	Sulfone	Sulfate
Raw coal	28	19	31	0	22
Soluble	0	0	100	0	0
Residue	37	24	23	0	16
Deposit	21	0	65	0	14

(b)Mae Tan

Sample	FeS ₂	Sulfide	Thiophene	Sulfone	Sulfate
Raw coal	34	4	42	0	10
Soluble	0	0	100	0	0
Residue	36	0	53	0	11
Deposit	4	0	93	0	3

(c) PTT

Sample	FeS ₂	Sulfide	Thiophene	Sulfone	Sulfate
Raw coal	4	0	82	0	14
Soluble	0	0	100	0	0
Residue	9	0	86	0	5
Deposit	2	0	73	10	15

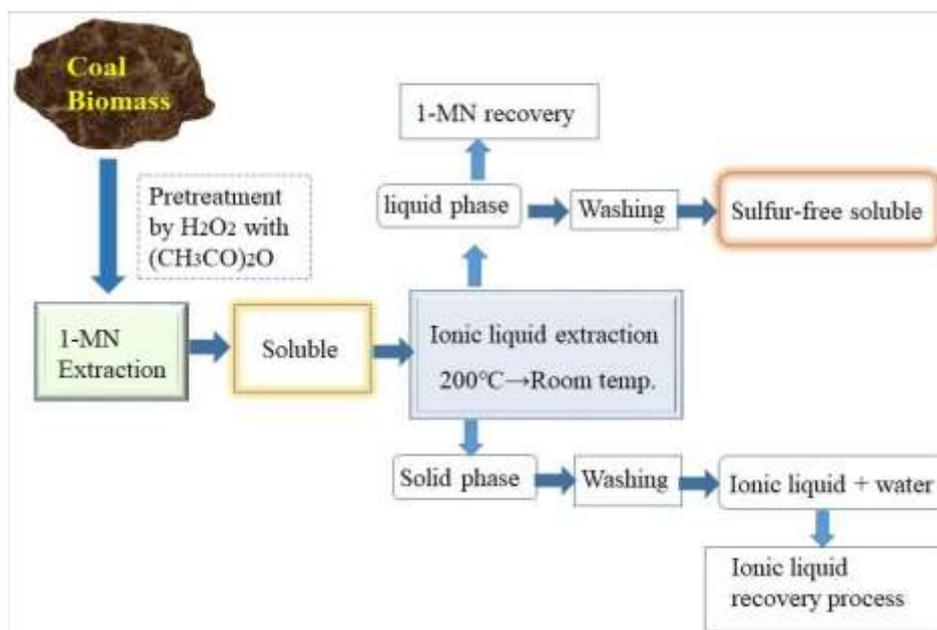


図 2-2 酸化処理とイオン液体を用いた脱硫プロセス

Soluble を 1-メチルナフタレンに溶解したもの（以後 Soluble 溶解液と称する）とイオン液体を混合し 24 時間室温下で攪拌した。その後蒸留水を添加し、上層のイオン液体と水の混合物と、下層の Soluble と 1-メチルナフタレンからなる層を分離回収した。Soluble と 1-メチルナフタレンからなる層を分離回収した。【平成 29 年度実施報告書】【180531】

る溶液は、エバポレーターで 1-メチルナフタレンを分離し Soluble のみを得た。

図 2-3 に、Mae Moh の Soluble を用いてイオン液体により多段抽出を行った時の硫黄含有量の変化を示す。Soluble 中の硫黄含有量は 1.3 wt% であるが、抽出回数の増加とともに硫黄含有量は直線的に減少し、5 段階処理で Soluble 中の硫黄量は 0.2% まで低下した。

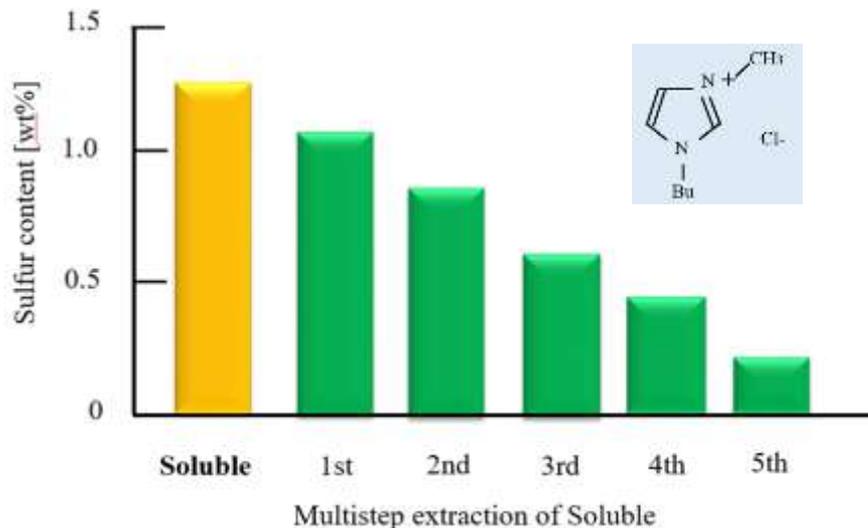


図 2-3 BMIMCl による多段抽出における Soluble 中硫黄含有量の変化

(3) 石炭の酸化による事前脱硫

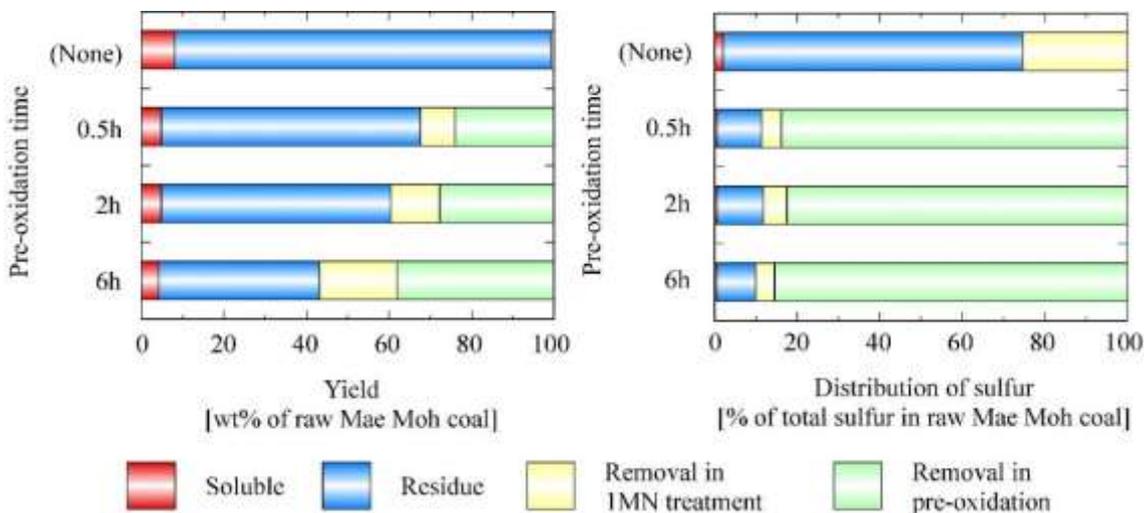


図 2-4 酸化処理した試料を 1-メチルナフタレンで抽出処理したときの Soluble と Residue の収率ならびに硫黄の分配挙動

昨年度の 30%過酸化水素水 30 ml に Mae Moh 炭 1 g を浸漬し 0.5～6 時間反応させると、原炭中には 4.4 wt% もの硫黄が含まれているが、酸化処理時間の短い段階で無機硫黄が除去され、処理時間の増加とともに有機硫黄が減少し始めることが明らかになった。また過酸化水素処理をしない原炭から得た Soluble の硫黄量は 2.1 wt% であるが、過酸化水素処理した石炭の Soluble では、1.3 から

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

1.6 wt%の硫黄含有量であった。本年度は過酸化水素に過酢酸を加え石炭と混合した。ここで混合比は、石炭：30% H_2O_2 ： $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ = 1 g：30 mL：10 mLとした。その結果、酸化後の試料炭の硫黄含有量は0.95%に低下した。図 2-4 に Mae Moh 炭を試料としたときの酸化処理時間と酸化処理した試料を 1-メチルナフタレンで抽出処理して得られた Soluble と Residue の収率ならびに硫黄の分配挙動を示した。酸化処理時間に伴い Residue の収率が減少し、Soluble の収率もやや減少傾向にあるが Residue 程には大きな変化は見られていない。また硫黄の分配を見ると 0.5 時間の酸化処理した試料から調製した Soluble には殆ど硫黄が含まれていないことが分かった。

(4) 電力中央研究所グループ

研究題目 4：「溶剤改質」で生成する改質燃料・残渣の高効率・クリーン燃焼・ガス化

① 研究題目 4 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

平成 29 年度は、期首の予定通り、神戸製鋼所により調製された共通改質燃料（表 3-1）を対象として、下記 3 項目を実施した。

- 1) Mae Moh 炭（原炭, Residue, STC）の DTF によるチャー調製と熱天秤によるチャーガス化
- 2) PTT 炭 Residue を対象とした小型流動層試験装置によるチャー調製と熱天秤によるチャーガス化
- 3) 蛍光 X 線による PTT 原炭と Residue の分析

以下に詳細を記す。

表 3-1 使用した試料の性状（神戸製鋼所による分析値） [wt% (無水基準)]

	C	H	N	S	O	灰分	揮発分
PTT 炭(原炭)	68.4	5.0	1.2	0.9	19.8	4.7	46.9
PTT 炭 Residue	69.9	3.8	1.3	0.8	18.0	6.1	33.5
Mae Moh 炭(原炭)	59.2	4.0	2.3	3.6	16.2	14.8	40.2
Mae Moh 炭 Residue	64.0	3.4	2.4	3.5	9.1	17.5	32.5
Mae Moh 炭 STC	68.0	4.1	2.4	3.5	6.0	16.1	34.8

1) Mae Moh 炭（原炭, Residue, STC）の DTF によるチャー調製と熱天秤によるチャーガス化

ドロップチューブ反応器（DTF；Drop Tube Furnace）と熱天秤を用いて Mae Moh 炭の Residue と STC のガス化反応性データを取得し、原炭のガス化反応性と比較評価を行った。

実験方法

石炭がガス化される際には、まず熱分解により気相に揮発分が放出され、固体のチャー（主に炭素＋灰）が残る。このチャー中の炭素が CO_2 や H_2O と反応して CO や H_2 となるガス化反応が律速段階であり、燃料種により反応性が異なるため、燃料種毎に反応性データを取得する必要がある。ここでは熱分解とチャーのガス化を切り分けて実験を行うために、まず DTF（図 3-1）を用いて対象試料を不活性ガス中で熱分解することによりチャーを調製した。チャー調製のための熱分解実験の条件は、炉内温度 1400 °C、常圧、 N_2 100 vol%、ヒータ部滞留時間 2.6 秒とした。チャーは、下部のホッパーで回収した。また、揮発分から炭素の一部が析出して微粒子であるスートとなるが、スートはチャーに比べて非常に小さいため気流に搬送され、下流のフィルタで捕捉される。チャーとスートを取り除いた後の生成ガス

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

の組成はガスクロマトグラフィー（Agilent 3000 micro GC-TCD）を用いて分析した。

次に、調製したチャーを対象に、熱天秤を用いてガス化反応性データを取得した。熱天秤によるガス化実験の条件は、850 °C、CO₂ 100 vol%である。

実験結果

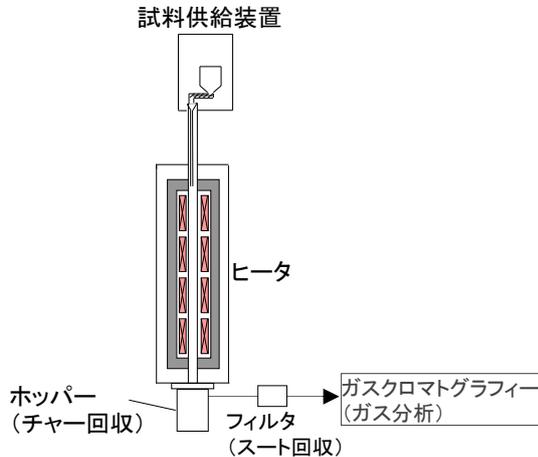


図 3-1 ドロップチューブ反応器(DTF)の概略図

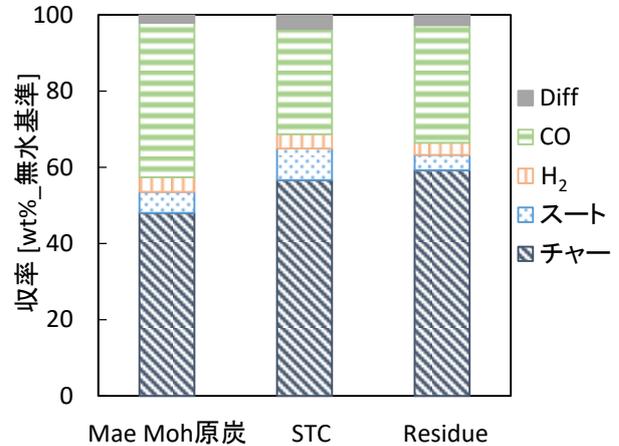
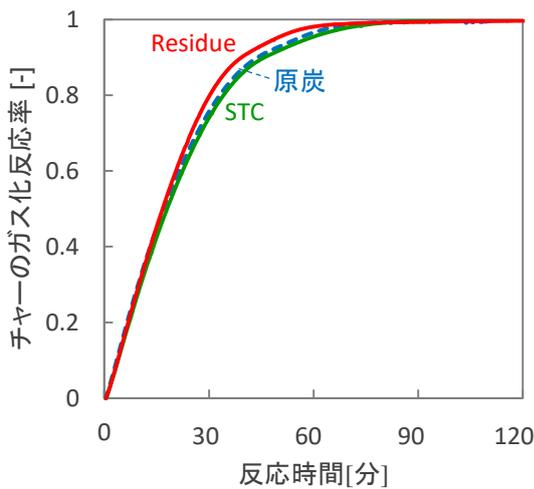
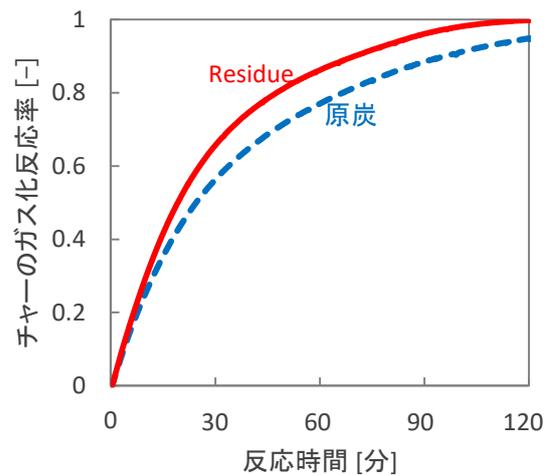


図 3-2 DTF による熱分解実験で得られた生成物の収率



(a) Mae Moh 炭



(b) PTT 炭（平成 28 年度データ）

図 3-3 DTF で調製したチャーの熱天秤による CO₂ ガス化実験結果
（ガス化実験条件：850 °C、CO₂ 100 vol%、常圧）

DTF による熱分解実験で得られた生成物の収率を図 3-2 に示す。図より、チャー収率は高い順に、Residue、STC、原炭であった。これは、表 3-1 に示した揮発分が少ない順となっている。また、生成ガス中の CO の収率は高い順に、原炭、Residue、STC、であった。これは、表 3-1 に示した酸素含有量 (O) が多い順となっている。STC は Residue と比較して揮発分が多いが、酸素含有量が少ないため、生成した揮発分の内、酸素と結合できなかった炭素分がスートとして析出したと考えられる。

次に、DTF で調製した 3 種のチャーを対象とした、熱天秤によるガス化実験の結果を図 3-3(a)に示す。参考に、平成 28 年度に取得した PTT 炭の原炭と Residue のガス化実験結果も図 3-3(b)に示した。ガス化

反応性の高い試料は、反応時間に対するチャーのガス化反応率の上昇が速い。PTT 炭の場合、Residue のチャーは原炭のチャーよりも明らかにガス化反応性が高かったが、Mae Moh 炭の場合、原炭、Residue、STC のチャーのガス化反応性は同程度であった。炭種によって溶剤改質がチャーのガス化反応性に与える影響が異なることが示された。

2) PTT 炭 Residue を対象とした小型流動層試験装置によるチャー調製と熱天秤によるチャーガス化

Residue などの従来の石炭とは異なる燃料を用いて発電する際には、石炭による発電で従来用いられている気流層型のガス化炉やボイラだけでなく、流動層型の反応器を用いる可能性も想定される。そこで、反応器の違いが共通改質燃料のガス化反応性に与える影響を比較することを目的として、昨年度までに導入した小型流動層試験装置を用いた反応実験の準備を進め、熱分解実験を実施した。得られたチャーを対象に熱天秤によるガス化実験を実施した。

実験方法

PTT 炭 Residue を対象に図 3-4 に示す小型流動層試験装置により熱分解実験を行い、チャーを調製した。流動媒体には珪砂を用いた。熱分解実験条件は 900 °C、N₂ 100 vol%、常圧とした。200 mg の Residue を上部から投入し、1 分間保持して熱分解した。その後、生成ガスラインをタールトラップからフィルタに切り替えるとともに N₂ を増加させて (0.5→4 l/min (normal))、チャーを系外に排出した。捕集したチャーを対象に、1)と同様に熱天秤でガス化反応性データを取得した。

実験結果

PTT 炭 Residue の小型流動層試験装置で調製したチャー（流動層チャー）を熱天秤で 850 °C、CO₂ 100 vol%でガス化した結果を図 3-5 に示す。過去に実施した DTF で 1)と同様の手法で 1400 °C で調製したチャー（DTF チャー）と、赤外線炉により固定層方式で調製したチャー（IR チャー、Ar ガスを流しながら、10 °C/min で 900 °C まで昇温し、1 分間保持後、降温して生成したチャー）のガス化実験結果も併記した。なお、熱分解における主な固体生成物は固定炭素由来のチャーであるが、揮発分の一部が液相または気相で重合して固化したコークまたはスートと呼ばれる炭素微粒子も生成する。小型流動層実験装置による熱分解実験では、DTF による実験と異なり、粒子を分離して回収していないため、回収した固体試料にはチャーだけでなくコークやスートも含まれている可能性がある。ここでは、固体試料全体を「流動床チャー」とする。

流動層チャーは、同じ温度で調製した IR チャーよりもどの時間においてもガス化反応率が低かった。原因としては、流動層による熱分解実験では、試料回収時も高温にさらされているため、チャーの反応性が低下した可能性が考えられる。

DTF チャーと比較すると、流動層チャーは、ガス化反応率 0.85 程度までは速く反応したが、それよりも高い反応率では逆転した。一般的に、高温で生成したチャーは低温で生成したチャーよりもガス化反応が遅くなる（梶谷史朗ら、電力中央研究所報告書 W97020 (1998))。ガス化反応率 0.85 程度まで流動層チャーが DTF チャーよりも速く反応したのは、熱分解温度が低いためであると考えられる。一方、上述の通り流動床チャーはコークまたはスートを含んでいる可能性がある。コークやスートは固定炭素由来のチャーよりもガス化反応が遅い (S. Umemoto, et al, *Fuel*, 167, 280–287 (2016))。流動層チャーがスートやコークを含むことが、ガス化反応率 0.85 程度以上で、DTF チャーよりも反応が遅くなった原因と考えられる。気流層と比べて低温で運転される流動層では、揮発分のタールが一部コークまたはスート

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

となり、気相や流動層内で複雑な挙動を示すと考えられる。炭素転換率などの正確な予測には揮発分の反応挙動が重要となると考えられる。

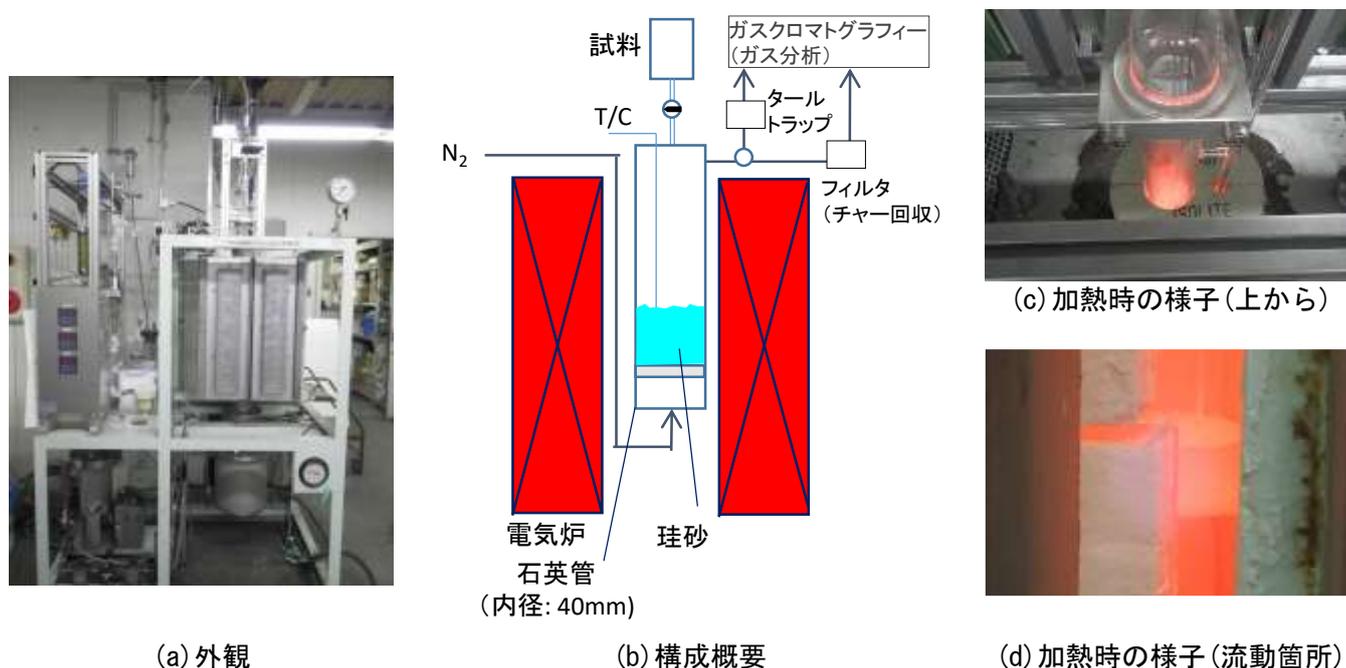


図 3-4 小型流動層試験装置

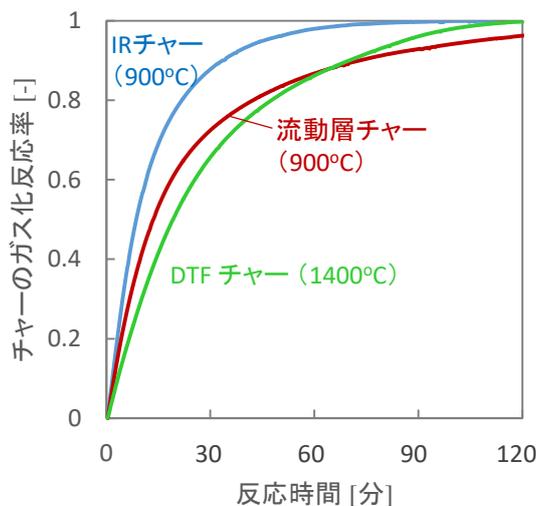


図 3-5 小型流動層試験装置で調製したチャーの熱天秤による CO₂ ガス化実験結果
(ガス化実験条件：850 °C, CO₂ 100 vol%, 常圧)

- ・ 流動層チャー：小型流動層試験装置で調製したチャー（熱分解温度 900 °C）
 - ・ IR チャー*：赤外線炉により固定層方式で調製したチャー（熱分解温度 900 °C）
 - ・ DTF チャー*：DTF により気流層方式で調製したチャー（熱分解温度 1400 °C）
- *IR チャーデータは平成 27 年度, DTF チャーのデータは平成 28 年度の成果

3) 蛍光 X 線による PTT 原炭と Residue の分析

石炭を発電に用いる際には、有機分の反応性だけではなく、無機元素の多寡も影響を与える。ここでは、溶剤改質が、改質燃料の無機元素の含有量に与える影響を把握するために、蛍光 X 線を用いた元素

分析を行い、原炭と Residue の含有元素の差異を比較した。

蛍光 X 線分析装置 (ZSX Primus II (リガク)) を用いて、PTT 原炭と Residue の微量元素等の含有量を分析した。表 3-2 に分析結果を示す。Si などの無機元素については酸化物形態で灰分として含まれると仮定し、合計が 100 wt% になるように換算した。表 3-2 の蛍光 X 線による分析結果と表 3-1 の性状分析結果を用いて、無機元素の含有量の観点から発電用燃料として用いる際の特性を検討した。

まず、表 3-1 から、Residue の方が原炭よりも灰分が多い。有機分が抽出された結果であるため、当然であるが、ボイラで利用する場合のフライアッシュや気流層型ガス化炉で利用する場合のスラグの排出負荷は上昇傾向となるため、Residue を利用する発電設備を設計する場合、想定する原炭の灰分含有量と抽出率から Residue の灰分含有率の増大を考慮する必要がある。一方で、NO_x や SO_x といった環境影響に関わる物質の生成源である窒素や硫黄は、原炭と Residue ではほぼ同程度含まれており、灰分とは違い、溶剤処理の過程で濃縮されにくいものと考えられる。なお、Mae Moh 炭の原炭、Residue、STC の分析結果から、STC は Residue よりも灰分が少なく、窒素や硫黄は同程度であることが分かる。STC は Residue よりも有機分が残っているため、発電利用する際には、灰分排出に関わる負荷は Residue よりも低くなると言える。

次に表 3-2 から、SiO₂ をはじめとした主要な灰分組成は原炭と Residue で同程度であることが分かる。例えば、石炭を輸入して、溶剤改質をした後、Residue による発電を行う場合、輸入元から原炭の灰分組成の情報が入手できれば、それを基にして Residue の灰分が発電設備に及ぼす影響を検討可能と言える。PTT 原炭を対象とする場合、カルシウム含有量が高いことなどから、灰分の融点が比較的低いと予測され、ボイラと気流層型ガス化炉であれば、後者に向いていると考えられる。なお、PTT 原炭から塩素 (Cl) は検出されなかったが、Residue では 0.02 wt%_d.b. という分析結果となった。この結果が有意かどうかを判断するためには他の石炭についても比較する必要があるが、一般には塩素は腐食性があるため、濃度が高い場合には注意が必要である。

表 3-2 蛍光 X 線による元素分析結果

	PTT 原炭	PTT 炭 Residue
S(total)[wt%_d.b.]	0.9	0.9
Cl [wt%_d.b.]	-	0.02
灰分組成 [wt%_ash basis]		
SiO ₂	16	15
Al ₂ O ₃	13	12
Fe ₂ O ₃	39	43
CaO	23	21
MgO	7	7
K ₂ O	0.9	1
MnO	0.7	0.6

①研究題目 4 のカウンターパートへの技術移転の状況

一昨年度に導入された DTF の実験の進捗状況について、11 月にタイ国 JGSEE との打合せを実施し、データの信頼性向上などについて助言した。

②研究題目 4 の当初計画では想定されていなかった新たな展開特になし。

③研究題目 4 の研究のねらい（参考）

「溶剤改質」による生成物のうち、改質残渣を主な対象として、燃焼・ガス化反応特性を解明する。さらに、JICA 経費にて JGSEE に導入される DTF の設計・現地設置について助言して、様々な原料から製造された改質燃料の燃焼、ガス化反応実験を JGSEE 独自で実施できるようサポートする。

④研究題目 4 の研究実施方法（参考）

熱天秤、DTF や小型流動層試験装置を用いて共通改質試料のガス化反応性データを取得する。

（5）神戸製鋼所グループ

研究題目：低品炭およびバイオマス廃棄物の改質技術実装化概念の構築

① 研究のねらい

低品炭およびバイオマス廃棄物の溶剤改質技術実装化概念の構築を狙いとし、具体的には溶剤改質プロセスの工業化に備え、プロセス概念を構築して社会実装化にむけた支援を行う。

各年度行ってきた溶剤改質実験については今年度も継続して、製造した改質サンプルを連携する研究機関に提供するとともに、これらの試験を通じプロセス概念構築に向けた物質収支データを蓄積してきた。また、大量サンプルの製造が可能な溶剤改質半連続試験装置の設計製作および、タイ国 PTT 研究所内への装置設置と運転指導を支援してプロセス構築に繋がるプロトタイププラントとして社会実装する。

② 研究実施方法

(A) サンプル製造

PTT 提供の Mae Moh 炭を用い、1-メチルナフタレン（1-MN）を溶剤として 10L 規模の高温高压抽出濾過装置を用いて試料を製造した。

(B) 半連続装置設計製作および運転支援

溶剤改質半連続試験装置の製作については、京都大学による入札で選定されたベンダーへの指示を行いながら詳細設計を遂行し、日本国内で機能チェックを行い性能検査した。また、機器設置および立ち上げ、実験については PTT-RTI に出向き、現地にて実施指導した。

③ 当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

(A) サンプル製造

研究推進用の溶剤改質サンプルについては半連続式溶剤改質試験装置を用い、タイ国内にて製造の予定であるが、その稼働時期が後ろ倒しとなったため、神戸製鋼所にて継続製造し、連携機関の研究進捗に滞りなく提供した。今年度は Mae Moh 炭を原料とした溶剤改質サンプルの製造実験を計 6 点実施し、サンプル量目としては、STC(固液分離なしの改質炭):600g 程度、Soluble:500g 程度、Deposit:500g 程度、RC: 500g 程度で、タイ国機関へは京都大学を通じ、国内機関へは直接送付して提供した。表 4-1 に製造サンプルの分析値を示す。

表 4-1 今年度製造した溶剤改質サンプルおよび原料石炭の収率と分析値

Sample	Yield [wt% daf]	Proximate analysis			Ultimate analysis					Atomic ratio		Heat Value [kcal/kg](gross)
		Moist [wt%]	Ash [wt% dry]	VM [% daf]	C [% daf]	H [% daf]	N [% daf]	S [% daf]	O diff [% daf]	H/C [-]	O/C [-]	
Mae Moh Coal		21.3	14.8	47.2	69.5	4.7	2.6	4.2	19.1	0.81	0.21	5620
Residue	79.0	-	17.5	39.4	77.6	4.2	2.9	4.2	11.1	0.65	0.11	6090
Deposit	1.4	-	2.3	44.9	81.2	5.2	3.0	1.8	8.9	0.77	0.08	7760
Soluble	12.2	-	0.02	70.4	83.1	6.9	1.7	1.8	6.5	0.99	0.06	8660
STC	92.3	-	16.07	41.5	81.0	4.9	2.8	4.1	7.2	0.72	0.07	6480

表中に示した yield とは、溶剤改質試験における無水無灰炭ベースの収率(1-MN 中 350°C, 1h 処理)であり、表中製造物収率合計値と 100%との差は改質で生成したガス、水、油分の生成量に相当する。表が示すように、Mae Moh 炭の溶剤改質においては抽出率(100-Residue, %)が 20%弱と小さく、無灰炭製造の原料には不向きであるが、固液分離を伴わない STC 炭としての処理の場合、酸素含量が 1/3 程度に低下した上に大幅に発熱量が増加しており、溶剤処理炭としての活路はあると考えられる。

(B) 半連続式溶剤改質装置設計支援および運転支援

(a) 装置概要

装置の詳細設計と製作は京都大学が入札で選定したベンダーが実施、神戸製鋼所グループは詳細設計図面や機器仕様書のチェックや改定指示を行いながら本体は 2017 年 8 月に完成した。図 4-1 に装置の簡易フロー図を示す。

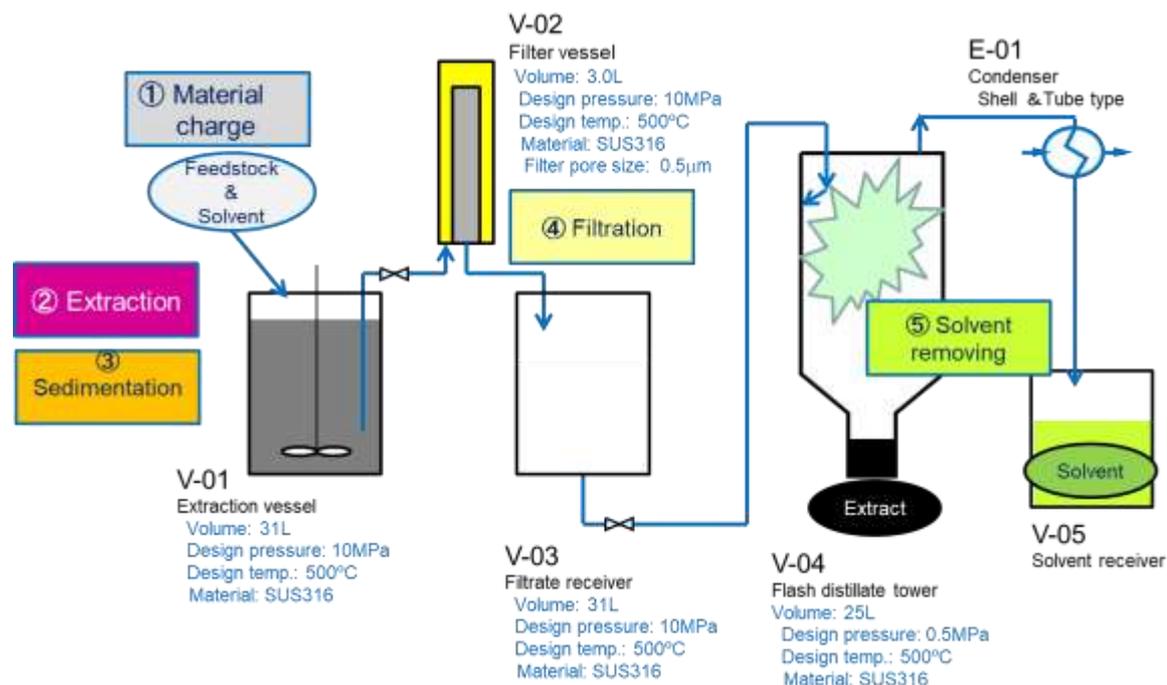


図 4-1 半連続式溶剤改質試験装置簡略フロー

処理条件としては当初予定の 350°C に対して 400°C まで対応できる事とし、耐腐食性を考慮して主要機器の材質を SUS316 とした。また石炭処理に対して稲わらの処理においては水の生成量が多く、また自生留分も低沸点側の成分が増えるので、設計圧力を 10MPa とした。これは石炭処理に比べ 5 倍以上となる。

原料と溶剤は V-01 でスラリー化され、攪拌しながら所定温度、時間で加熱処理された後、攪拌機を止めることで固形分が沈降する。所定時間静置した後清澄層液を差圧で引き出し、呼び径 0.5μm のメッシュ径を有す筒型フィルターを仕込んだ濾過槽、V-02 へ送られ、濾液を V-03 で受ける。V-01～V-03 間は高圧領域であり、径内圧を一定に保持して生成水を連続的に外部に抜き出す構造を有す。V-03 で受けた改質液は高温状態で常圧下にあるフラッシュ蒸留槽、V-04 へ送られ大部分の溶剤を分離する。そのまま単蒸留器として加熱して残った溶剤を引き離し、抽出物を得る設計とした。

装置は当初スキッドモジュール化して 20 フィートコンテナに収めて輸出するとしたが、作業スペースも含めて機器配置を検討した結果、モジュールは 2 基分に大型化した。写真 4-1 は PTT-RTI 実験棟に設置、PTT 側にハンドオーバーした時の装置全景写真である。

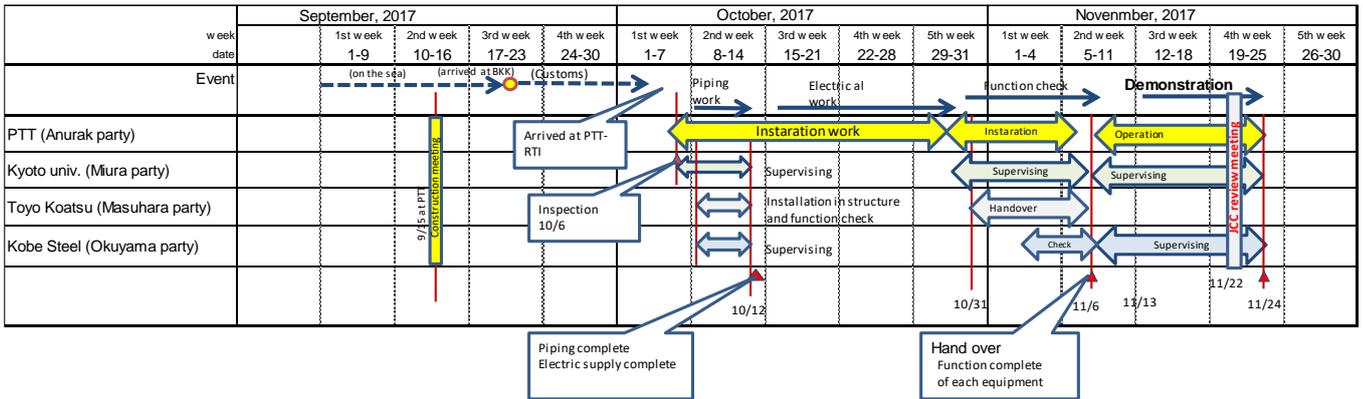


写真 4-1 半連続式溶剤改質試験装置 PTT-RTI 設置後の全景写真

(b) 装置設置および運転支援

完成後のタイ国内での装置設置、立ち上げ、実験実施の全体実績スケジュールを表 4-2 に示す。本表に示すように、装置が 2017 年 10 月 6 日に PTT 到着してそのまま設置工事を実施、故クミポン国王のご葬儀関連行事終了後、再度訪タイし、11 月のほぼ全日程を装置立ち上げと運転支援を実施し、2017 年 11 月 24 日 PTT-RTI メンバーによる実験の無事終了とサンプル製造をもって、今年度予定成果の達成とした。表に沿ってそれぞれの作業概要を以下報告する。

表 4-2 半連続式溶剤改質試験装置現地立ち上げ、実験の行程



・現地事前調査 (Sep.-15, 2017, PTT-RTI)

設置工事場所での事前調査を PTT-RTI で実施した。ここで装置入港 (バンコク) および通関日程について確認するとともに、現地での工事資材調達および工事日程について関係者 (PTT、京大、ベンダー、神鋼) 間で協議し重要事項を決定した。PTT 側の受入準備は天井クレーンや用役 (高圧窒素、計装用空気、冷却水等) 供給関連工事準備も整っているが、指定した計装用ケーブルがタイ国内では期限内入手が困難な状況が判明した。このケーブルは防爆仕様を満たすのに必要なケーブルであり、タイ国内での代替品調達は時間的に困難と判断し、急遽日本国内で京大が調達、準備することとなった。写真 4-2 は事前調査の状況である。

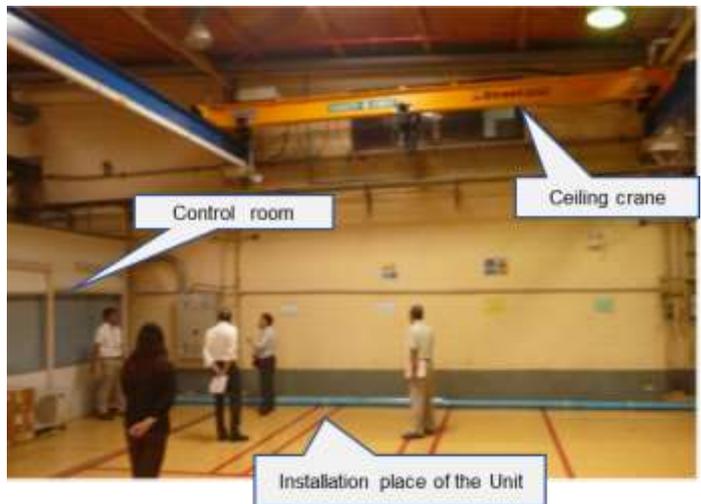


写真 4-2 半連続式溶剤改質試験装置設置場所での受け入れ準備確認状況

・装置組み立てと設置(Oct.8-14, 2017, PTT-RTI)

10月6日に装置が PTT-RTI に到着、翌週より PTT オペレーターおよびベンダーによる装置組み立てと設置を支援した。装置は一部分解した状態で2基のモジュール内に納めており、これらを開梱しながら組み立てた。作業は配管組み立てと計電装関連のケーブル結線工事を同時進行させて、正味5日間で終了した。作業終了後シーケンスチェックを行ったところ、結線ミスはなかったが、主要な 380V 動力電源のつなぎ込みはなされていたが、補助的な 200V 電源の導入がなされておらず、PTT 追加の施工工事を要請し、設置工事を終了した。機内組み立て工事、計電装ケーブル結線工事の様子を、それぞれ写真(5)-3、写真 4-4 に示す。



写真 4-3 機内組み立て工事の状況



写真 4-4 計電装ケーブル結線工事の状況

・装置機能チェックと装置分解組み立てトレーニングおよび溶剤運転(Oct.30-Nov.10)

11月上旬までの2週間の中で、装置の機能チェックと PTT-RTI オペレーターへの装置分解、組み立て、メンテナンス作業のトレーニングと、溶剤を用いたオペレーショントレーニングを実施した。表(5)-3 にこの期間の行程実績表を示す。

表 4-3 機能チェック、分解組み立てトレーニング溶剤運転の行程

Construction and Operation Schedule of Semi-continuous unit														
	October, 2017						November, 2017							
week	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
date	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
Event		Installation							Solvent trial					
Content		Meeting	Function check (Equipment)		Training of assembly and disassembly of each vessel				Leak check	Discussion for operation	Obtaining prospect for safety procedure			

PTT-RTI にはすでに石油精製関係の高温高圧反応試験装置や、バッチ式の溶剤改質試験装置が存在し、これらのメンテナンスやオペレーションにも精通し、独自の SOP も作成しており、高圧ガス設備や危険物の取り扱い上の未熟さはなく、作業はスムーズに進んだ。ただし、頻繁な装置分解が伴う研究なので高所作業に対する安全対策（手すりの設置や、安全帯、防具の装着）や、装置分解時に内液が暴露することで発生する臭気対策（局所排気装置の増強）については PTT として独自に実施することを確認した。また、毎日の作業前には必ずオペレーション会議のほかに安全会議、危険予知訓練を実施することを強く要請するとともに、PTT による SOP 作成、リスク管理対策の参考となるよう、我々が事前に検討したリスクアセスメントの結果を PTT 側に手渡し、ハンドオーバーした。なお、溶剤試験においては凝縮した回収溶剤のミストが V-05 から漏れる事が判明した。V-05 は市販のステンレス缶容器を加工しただけで、上部蓋パッキンの気密性が不十分と判断し、フェルールによる蓋部締め込み機能を有する専用の容器をベンダーにて別途製作して送付してもらうこととした。写真 4-5 に容器分解、保守トレーニングの状況と、写真 4-6 には毎日実施した作業ミーティングや危険予知訓練の状況を示す。

【平成 29 年度実施報告書】【180531】



写真 4-5 容器分解、保守トレーニングの状況 写真 4-6 日々の作業ミーティングおよび安全に関わる危険予知訓練の状況

・溶剤改質サンプル製造試験 (Nov.13-21, 2017, PTT-RTI)

この期間では、まず前回の溶剤運転で V-03 に送液した溶剤を加熱して V-04 ヘフラッシュするトレーニングと、最終的なデモンストレーション、言い換えれば本技術の社会実装の第一弾として、稲わらを原料に溶剤改質炭(Soluble)の製造試験を行った。表 4-4 に、この期間の行程実績表を示す。

表 4-4 溶剤改質サンプル製造試験の行程

Construction and Operation Schedule of Semi-continuous unit (2)

week date	November, 2017													
	12 Sun	13 Mon	14 Tue	15 Wed	16 Thu	17 Fri	18 Sat	19 Sun	20 Mon	21 Tue	22 Wed	23 Thu	24 Fri	25 Sat
Event		Solvent trial		Demonstration (Rice straw)					Demonstration		JCC meeting & Facility tour	Project proceed meeting		
Content		Flash operation		Carried out extraction filtration and flash distillation					Sample recovery	Clean-up				

フラッシュトレーニングにおいては V-03 を加熱している最中に上部蓋フランジの気密漏れから白煙が発生、緊急シャットダウンを行った。原因は、前週の作業で高温状態から室温まで冷却している間に一旦熱膨張したガスケットが収縮し、初期の締め付けトルクが維持できていなかったためと考えられた。新品の装置故のなじみ不良もあった可能性もある。事後の安全会議で気密検査や場合によっては増し締めを行う旨の提案を行った。緊急時の対応を含め、思いがけず良いトレーニングとなった。

最終のデモンストレーション試験では、すべてのオペレーションを PTT-RTI のオペレーターが実施することを主眼とし、原料の仕込み、気密試験、加熱抽出、高温濾過、溶剤回収、サンプル回収の一連の作業を通貫して実施した。粉碎した乾燥稲わらは非常に嵩高く、必要量を反応器に仕込むのは至難であるが、JGSEE で試作した稲わらブリケット（ガス化用原料）は緻密に圧縮されており、これを使うと容易に反応器に仕込むことができた。写真 4-7 にブリケット仕込みの状況、写真 4-8 に V-04 から回収した改質サンプルの写真を示す。



写真(5)-7 稲わらブリケットの仕込み状況



写真(5)-8 回収した Soluble サンプル

実験終了後 V-01 から回収した残渣はブリケットの形状を維持しており、つまり圧縮が過度なため溶剤の浸漬が進まず、十分に抽出されなかったと判断でき、抽出原料としてはもっと柔らかく圧縮した程度のもので十分である。これも原因となったが、V-04 から得られた Soluble サンプルは、最終的に 67g、計算上回収できる量の 2 割に満たない量であったものの、所期の実験フローで改質サンプルが製造できることが示された。今後は PTT-RTI スタッフによるオペレーションの最適化等でバルクサンプルが製造できるものと考えられる。

(c) まとめ

バイオマス廃棄物や低品位炭を原料とする半連続式溶剤改質試験装置が、本プロジェクトの社会実装の一環として PTT-RTI に設置され、一連のサンプル製造試験を終了した。装置および試験方法の最適化あるいは安全な試験体制の確立に向けてさらなる議論や検討が必要であり、今後も継続的に共同作業をしていく。

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し (公開)

今後のプロジェクトの進め方および留意点

プロジェクトの現時点での達成状況と今後の進め方の概要を、成果目標シートに付け足す形で図 2 に示した。

平成 29 年度の最大の課題は半連続抽出装置のタイへの導入であった。本装置は高額である上に既成装置ではないため、装置の設計、発注、製作、導入の全工程を日本側において実施した。神戸製作所の全面的な支援を得て、仕様策定を完了し、前倒しで平成 28 年 1 月に国際入札を開始した。あいにくこの入札には応札者がなかったが、平成 28 年 8 月に再度国際入札を行い、平成 28 年 11 月 21 に製造請負契約を締結した。以後、ほぼ計画通り製造・輸出・設置が進行し、平成 29 年 10 月に PTT への導入が完了した。上述のように、神戸製鋼所グループのメンバーとメンバー外の職員 2 名の方々の多大な尽力により、装置の組み立てと設置、試運転は順調に進み、すでに実溶剤である A150 を用いて稲わらや Mae Moh 炭の抽出実験が実施されており、JGSEE に大量のサンプルを提供しつつある。最終目的達成に向け

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

た検討を効率よく進めるために、最終年度も数名の専門家の派遣と4名の研修員の短期受入れを計画している。

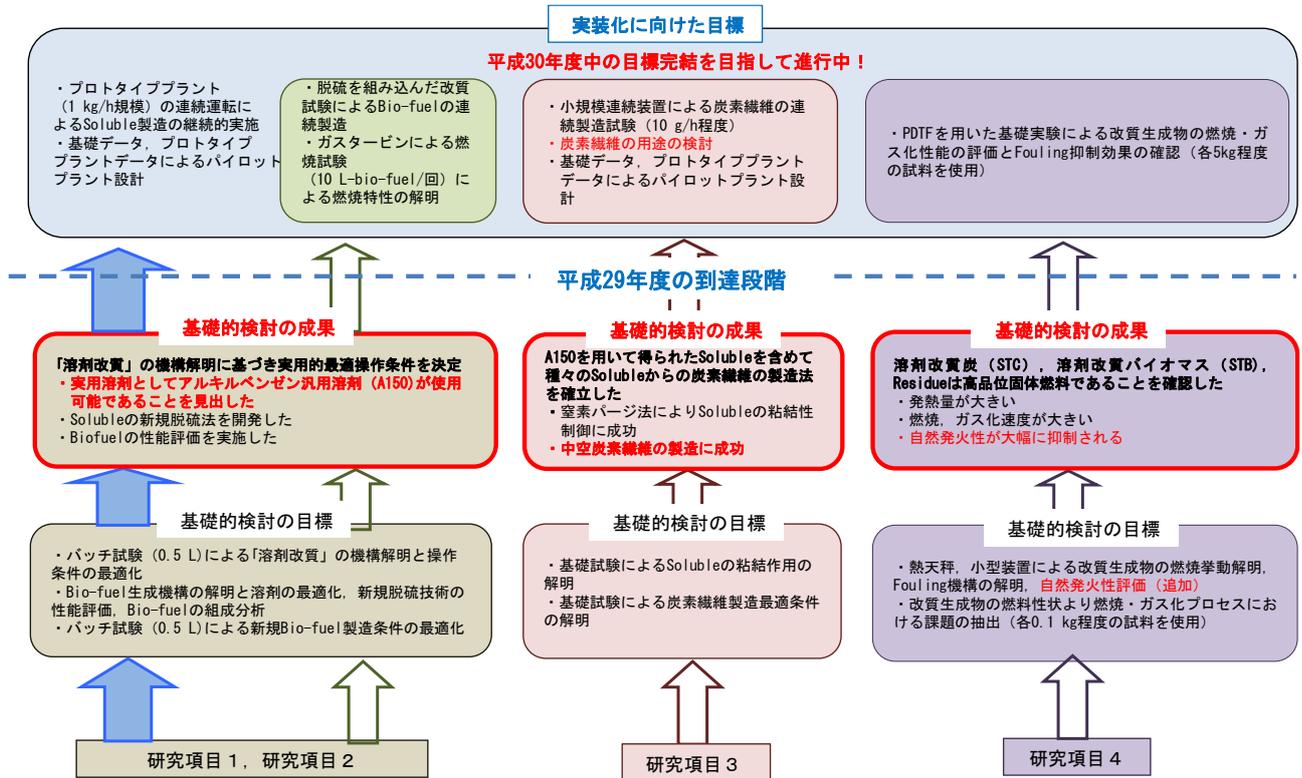


図2 成果目標シートに従った目標達成状況と今後の課題

成果達成の見通し

各研究グループの研究は、各グループの報告に詳細に記述したように順調に進行している。また、図2にまとめたように、基礎的検討の目標は、平成29年度までにほぼ計画通りに達成した。研究題目1の重要課題であった実溶剤の選定も、上述のように、京大、JGSEE、神戸製鋼所、PTT-RTIグループの検討により、アルキルベンゼンを主成分とするA150が使用できることを見出した。研究題目2で計画している新規Bio-fuelの製造の基礎的検討も終了した。研究題目3の炭素繊維の製造法の確立に関しては、京大とJGSEEグループの緊密な連携研究の結果、製造法を確立するとともに、中空の炭素繊維が製造できることを発見すると同時に、中空炭素繊維が生成する条件を明らかにした。研究題目4の研究は、平成27年度のドロップチューブ炉の導入と電中研とJGSEEグループの緊密な連携研究によって基礎的検討の目的を達成した。また、追加項目として検討した自然発火性評価実験により、溶剤改質試料の自然発火性は原料の半分以下に抑制されることを明らかにした。

今後は、平成29年度にPTT-RTIに導入した半連続抽出装置により実溶剤のA150を用いて大量に調製したSoluble、STC/STB、残渣を用いて、表2に示す実装化に向けた課題の達成に取り組む。炭素繊維製造に関しては用途の開発にも取り組む予定である。これらにより、平成30年度中に技術的な課題は所期の計画通り達成できる見込みである。

上位目標に向けての貢献や成果の社会的なインパクトの見通し

【平成29年度実施報告書】【180531】

上位目標については、実装化に向けた課題の検討が所期の計画通りに進展した後に、国際学会、国際誌等を通じて成果を広く公表することによって貢献できると考えている。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

(1)プロジェクト全体

・プロジェクト全体の現状と課題

基本的に所期の計画に従って研究が進行していると認識している。上述のように、基礎的検討項目の目標は平成 29 年度までにはほぼ所期の目的通り達成できた。最大の課題であった PTT-RT への半連続抽出装置の導入も、神戸製鋼所グループの全面的な支援を得て順調に完了した。今後の課題は、PTT-RT が半連続抽出装置を用いて調製する大量の種々の溶剤改質物を用いて、基礎的検討で確認された成果を実装可能な規模で検討し、それらを踏まえて溶剤改質、Biofuel と炭素繊維製造プロセスの概念設計を実施することである。

・研究プロジェクトの妥当性・有効性・効率性・自立発展性・インパクトを高めるために実際に行った工夫

タイ国での自立研究体制を整えることが最重要との認識のもとに、実験に不可欠な諸分析機器と日本側が開発した特殊装置の速やかな導入を最優先に取り組んだ。分析機器 16 点は平成 28 年度までに計画通りに導入した。特殊装置の小型オートクレーブ (2 台)、小型炭素繊維紡糸装置、ならびにドロップチューブ炉の導入も平成 27 年度までに円滑に実施された。最後の導入機材である半連続抽出装置も、神戸製鋼所グループの全面的な支援を得て順調に完了した。これにより、PTT において大量の溶剤改質物を製造できるようになり、種々の検討が大きく進展するものと期待している。

・今後相手国 (研究機関・研究者) が取り組む必要のある事項

導入した 16 点の分析機器、小型オートクレーブ (2 台)、小型炭素繊維紡糸装置、ドロップチューブ炉、ならびに半連続抽出装置の運転・保守のための、経費調達法も含めた綿密な計画の作成が不可欠である。特に、半連続抽出装置の運転に際しては、法令遵守とともに安全への最大限の配慮が必要である。受入れ側である PTT は高圧ガス関連設備に関する多くの経験と高いスキルを有し、独自の安全推進部署があることを確認した。今後の装置設置や運転においては、神戸製鋼所グループが PTT による自主作業標準確立への助言を行っていく。

・類似プロジェクト、類似分野への今後の協力実施にあたっての教訓、提言等

高圧機器や危険物を取扱う技術開発への協力実施においては、学問的知識、技術や最新機器の供与のみならず、安全な作業環境や作業技術を整備する法規則や教育体制の構築に向けた支援も必要と考えられる。

Ⅳ. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1)成果展開事例

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

本プロジェクトでは、実装化に向けた課題の検討が所期の計画通りに進展した後に、本格的に技術移転や実用化に向けた道筋を検討する計画であるので、現時点では成果展開の事例はない。なお、活動状況、成果については下記 URL にて公開している。

<https://sites.google.com/a/kura.kyoto-u.ac.jp/jtsatreps/>

(2)社会実装に向けた取り組み

本研究で得られた成果は以下のような道筋での実装化を計画している。

1. PTT (タイ石油公社) は、バイオマスさらには輸入低品位炭からの液体燃料の製造と高付加価値製品製造の技術開発を重要開発課題としてロードマップに位置づけて技術開発に取り組んでいる。そのような背景から、PTT は今回の提案に積極的に参画し、実用化を目指して連続試験装置による検討を計画している。特に、研究題目 2 と 3 に注目しており、本プロジェクトの成果をもとに、炭素繊維の新規製造技術が、PTT を中心にタイ国において実用化される可能性は高い。
2. 本提案の実用化は、溶剤改質法と Soluble を液体燃料化する技術の確立の成否に大きく依存している。㈱神戸製鋼所は、1980~2000 年にかけて褐炭の直接液化の技術開発に取り組み、豪州において石炭処理量 50 トン/日のパイロットプラントの建設に取り組むなどして、褐炭の溶剤処理、接触水素化液化などの多くの技術を蓄積している。さらに、最近では一般炭を溶剤で処理してハイパーコールと呼ばれる無灰炭を製造する技術開発に取り組んでおり、一般炭の溶剤処理法、生成物の分離などに多くの経験を有している。これらの経験は、本提案の褐炭やバイオマスの溶剤改質にも適用できると予想されるので、神戸製鋼所の参加による、開発段階からの種々の助言と指導はタイ国における本提案の実装化に大きく貢献すると考えている。
3. 我が国の製鉄業は研究題目 3 で検討される低品位炭・バイオマスからのコークス製造用粘結材に注目している。基礎的検討から、それが従来の粘結材に優ることが明らかにされていることから、たとえば㈱新日鐵住金は、粘結材が瀝青炭並みの価格で供給されれば導入することを確約している。

低品位炭とバイオマスを大量に利用している ASEAN の多くの国はタイと同じ問題を抱えている。近未来に、本研究で得られた成果と実装化の果実をこれらの国に普及することにより、アジア諸国での本研究成果の実装化が進展するとともに地球規模のエネルギーと環境の問題へ貢献できると考えている。平成 28 年 8 月 25-26 日には、JST の主催で開催された JST Fair (於東京ビッグサイト) 出展する機会を与えられた。プロジェクト紹介のポスターに加えて、原料、Soluble、炭素繊維の展示、プロモーションビデオの上映、JST 経費で作成したパンフレットの配布などを通じて、本プロジェクトの紹介に努めた。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

VI. 成果発表等【研究開始～現在の全期間】 (公開)

VII. 投入実績【研究開始～現在の全期間】 (非公開)

VIII. その他 (非公開)

以上

【平成 29 年度実施報告書】【180531】

VI. 成果発表等

(1) 論文発表等【研究開始～現在の全期間】(公開)

① 原著論文(相手国側研究チームとの共著)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
29	T. Muangthong-on, J. Wannapeera, S. Jadsadajerm, N. Worasuwanarak, H. Ohgaki, K. Miura, "Effect of Solvent on the Degradative Solvent Extraction of Low Rank Coal", Energy & Fuels, 2017, vol. 31, pp. 11954-11962		国際誌	発表済	

論文数 1 件
 うち国内誌 0 件
 うち国際誌 1 件
 公開すべきでない論文 0 件

② 原著論文(上記①以外)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ～おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項(分野トップレベル雑誌への掲載など、 特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。)
26	Xian Li, Ryuichi Ashida, Mitsunori Makino, Atsushi Nishida, Hong Yao, Kouichi Miura, "Enhancement of Gasification Reactivity of Low-Rank Coal through High-Temperature Solvent Treatment", Energy & Fuels, 2014, vol. 28, No.9, pp. 5690-5695	dx.doi.org/ 10.1021/ef 501305s	国際誌	発表済	
26	Ryuichi Ashida, Sho Nagaya, Kouichi Miura, Yukihiro Kubota, Yuko Nishibata, Atsushi Kotani, "Co-pyrolysis Behavior of Low-Grade Coal and Binder Using High Temperature Solvent Fractionation", ISIJ International, vol. 54, No. 11, pp. 2432-2438		国際誌	発表済	
27	Xianqing Zhu, Xian Li, Ryuichi Ashida, Kouichi Miura, et al., Novel carbon-rich additives preparation by degradative solvent extractiion of biomass wastes for coke-making, Bioresource Technology, 2016, Vol. 207, 85-91		国際誌	発表済	
29	T. Muangthong-on, J. Wannapeera, H. Ohgaki, K. Miura, "TG-DSC Study to Measure Heat of Desorption of Water during the Thermal Drying of Coal and to Examine Role of Adsorption of Water Vapor for Examining Spontaneous Heating of Coal over 100 °C", Energy & Fuels, 2017, vol. 31, pp. 10691-10698		国際誌	発表済	

29	T. Muangthong-on, J. Wannapeera, H. Ohgaki, K. Miura, "Examination of interactions of solvent treated coal with oxygen and water vapor at over 100 °C using TG-DSC for examining propensity to spontaneous heating of the solvent treated coal", Energy & Fuels, 2017, vol. 31, pp. 11723-11730		国際誌	発表済	

論文数 5件
うち国内誌 0件
うち国際誌 5件
公開すべきでない論文 0件

③その他の著作物(相手国側研究チームとの共著)(総説、書籍など)

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項

著作物数 0 件
 公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(上記③以外)(総説、書籍など)

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
26	蘆田隆一、三浦孝一，“穏和な溶剤処理による褐炭の脱水・改質”，日本エネルギー学会誌，2014，Vol. 93，No. 11，pp. 1066-1075		総説	発表済	

著作物数 1 件
 公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI. 成果発表等

(2) 学会発表【研究開始～現在の全期間】(公開)

①学会発表(相手国側研究チームと連名)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
26	国際学会	Kouichi Miura, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuewannarak, Bundit Fungtammasan, Degradative Solvent Extraction for Utilizing Biomass and Low Rank Coal in Thailand, 23rd International Symposium on Chemical Reaction Engineering, Bangkok(Thailand), Sep. 7-10, 2014	招待講演
26	国際学会	Janewit Wannapeera, Kenshiro Okuda, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuwannarak, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato, and Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Examination of Carbon Fiber Production from the Extracts Produced from the Solvent Treatment of Biomass" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Janewit Wannapeera, Nakorn Worasuwannarak, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Development of efficient separation method of extract and solvent in degradative solvent extraction of low-rank coals or biomass wastes" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Hiroyasu Fujitsuka, Wannapeera Janewit, Ryuichi Ashida, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura (Kyoto Univ. and JGSEE) "Thermal behavior of upgraded product obtained from low carbonaceous materials by solvent treatment" The 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2014), Bangkok(Thailand), November 19-24, 2014	口頭発表
26	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura, Janewit Wannapeera, Nakorn Worasuwannarak (Kyoto Univ. and JGSEE), "Effect of Extract-Containing Solvent Recycling in Degradative Solvent Extraction of Low-Grade Carbonaceous Resources", The 31st Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (USA), Oct. 6-9, 2014	口頭発表

26	国際学会	Kouichi Miura, Ryuichi Ashida, Kenshiro Okuda, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato, Janewit Wannapeera (Kyoto Univ. and JGSEE), "Production of Carbon Fiber from the Low-Molecular-Weight Compounds Prepared from Low Rank Coal and Biomass by the Degradative Solvent Extraction", The 31st Annual International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh (USA), Oct. 6-9, 2014	口頭発表
26	国内学会	藤埴大裕, 蘆田隆一, 三浦孝一, Janewit Wannapeera (Kyoto Univ. and JGSEE), 低品位炭素資源の溶剤改質物の熱分解挙動, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
26	国内学会	三浦孝一, Janewit Wannapeera, 大垣英明, 蘆田隆一, 奥田賢史郎, 加藤 攻 (Kyoto Univ. and JGSEE), 石炭・バイオマスの溶剤改質物からの炭素繊維の製造, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
27	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Upgrading of Rice straw and Leucaena by Degradative Solvent Extraction using 1-Methylnaphthalene, Palm Oil Biodiesel and Kerosene at 350 ° C, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Supachita Krerkkaiwan, Suneerat Fukuda, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura, Pyrolysis and Combustion behaviours of Hydrocarbons from Degradative Solvent Extraction of Thai Rice Straw by Thermogravimetric Analysis, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Janewit Wannapeera, Kenshiro Okuda, Ryuichi Ashida, Nakorn Worasuwanarak, Hideaki Ohgaki, Osamu Kato and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Preparation of carbon fibers from the low-molecular-weight extracts obtained from the degradative solvent extraction of biomass, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表
27	国際学会	Suchada Butnark, Suttipong Tunyapisetsak, Krittanai Pongpunlert, Nakorn Worasuwanarak (JGSEE/KMUTT) and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), The production of new type liquid biofuel from degradative solvent extraction of rice straw, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	口頭発表

27	国際学会	Worasuwanarak N, Wannapeera J, Jadsadajerm S, and Miura K. Upgrading of low rank coal and biomass by degradative solvent extraction using 1-methylnaphthalene and kerosene at 350 oC. International Conference on Coal Science and Technology 2015, Melbourne, Australia, 27 Sep - 1 Oct 2015.	ポスター発表
28	国際学会	Krerkkaiwan S, Fukuda S, Buranatrevedhya S, Sanduang J, and Miura K. Pyrolysis, combustion and gasification behaviors of residue fraction from degradative solvent extraction of low rank coal, The 9th International Conference on: Combustion, Incineration/Pyrolysis, Emission and Climate Change, Kyoto, Japan, 20-23 September 2016.	口頭発表
28	国際学会	Jadsadajerm S, Worasuwanarak N, and Miura K. Production of new type liquid bio-fuel from biomass waste by degradative solvent extraction at 350 oC, The 9th International Conference on: Combustion, Incineration/Pyrolysis, Emission and Climate Change, Kyoto, Japan, 20-23 September 2016.	口頭発表
28	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideagi Ohgaki, Kouichi Miura Nakorn Worasuwanarak, Oxidation Pretreatment of Biomass Derived Extract for Preparing Carbon Fiber Precursor,第25回日本エネルギー学会大会、工学院大学(東京)、2016年8月9日、10日	口頭発表
28	国際学会	Janewit Wannapeera ¹ , Nakorn Worasuwanarak, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Preparation of Carbon Fiber Precursor from the Biomass Derived Extract by Air Blowing and N ₂ Purge Treatments,The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwanarak and Kouichi Miura, Upgrading of Rice straw by Degradative Solvent Extraction using Petroleum Solvents to Produce High-grade Carbonaceous Materials and Fuel at 350 ° C,The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Supachita Krerkkaiwan, Sasithorn Buranatrevedhya, Jaggapan Sanduang, Suneerat Fukuda, Kouichi Miura. Characteristics of Fast Pyrolysis and Char Product of a Low-Rank (Sub-bituminous) Coal in High Temperature Drop Tube Furnace (HT-DTF),The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
29	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwanarak, Ryuichi Ashida, and Kouichi Miura, Production of high grade carbonaceous materials from biomass wastes by degradative solvent extraction at 350 oC, 2017 International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T2017), Beijing, 25-29 September 2017.	口頭発表

29	国際学会	Supachai Jadsadajerm, Nakorn Worasuwanarak, Janewit Wannapeera, and Kouichi Miura, Production of high grade carbonaceous materials from biomass wastes by degradative solvent extraction using petroleum based solvents, The Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology 2017, Bangkok, 12-14 October 2017.	口頭発表
29	国際学会	Ruangdet Fugtuan, Nakorn Worasuwanarak, Janewit Wannapeera, and Kouichi Miura, Production of carbon fiber from biomass derived extracts, The Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology 2017, Bangkok, 12-14 October 2017.	口頭発表
29	国内学会	S.Jadsadajerm, N. Worasuwanarak, J. Wannapeera, H. Ohgaki, K. Miura, Degradative solvent extraction of biomass waste by petroleum based solvents at 350 ° C, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表
29	国内学会	J. Wannapeera, R.Ashida, H. Ohgaki, K. Miura, R. Fugtuan, N. Worasuwanarak, Preparation of Hollow Carbon Fiber from a Biomass derived Extract, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表
29	国内学会	N. Worasuwanarak, N. Setkit, K. Miura, Effect of Mechanical Pressure on the Char Yield during Carbonization of Biomass, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表

招待講演	1 件
口頭発表	23 件
ポスター発表	1 件

②学会発表(上記①以外)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の別	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
----	-------------	-------------------------	----------------------------

26	国際学会	Xian Li, Ryuichi Ashida, Mitsunori Makino, Atsushi Nishida, Hong Yao, Kouichi Miura (Kyoto Univ.), "Enhancement of Gasification Reactivity of Low-Rank Coal through High Temperature Solvent Treatment", The 35th International Symposium on Combustion, San Francisco (USA), Aug.3-8, 2014	口頭発表
26	国際学会	堺康爾, 木下 繁、吉田拓也、奥山憲幸(神戸製鋼所) Effect of Solvent Treatment of Rice Straw, 5th International Conference on Sustainable Energy and Environment, バンコク(タイ国), 11月19-21日	口頭発表
26	国内学会	蘆田隆一, 高橋 諒, 河瀬元明, 三浦孝一, (京都大学), 低品位炭・バイオマス廃棄物の溶剤改質法における溶剤と抽出物の分離方法および改質機構の検討, 第51回石炭科学会議, 仙台, 10月22-23日	口頭発表
27	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto University), "Upgrading Mechanism in Degradative Solvent Extraction of Biomass Wastes", The 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2015), Krabi, Thailand, 11-14 June 2015	口頭発表
27	国際学会	Kouichi Miura (Kyoto univ.), Developing New Technologies for Utilizing Low Rank Coals and Biomass Wastes in Asian Countries - Introduction of A Japan-Thailand SATREPS Project -, 2 th Eco-Energy and Materials Science and Engineering (EMSES2015), Ao Nang, Krabi, Thailand, 11-14 June 2015.	招待講演
27	国際学会	Atsushi Ikeda, Satoshi Umemoto, Kenji Tanno, Shiro Kajitani, Hisao Makino (CRIEPI), "Study on gasification reactivity of rice straw residue char by CO2 or steam", 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (12th EMSES), Krabi (Thailand), Jun.11-14, 2015	口頭発表
27	国際学会	堺 康爾, 神戸製鋼所, Study of Components included in Recycle-Solvent from Rice Straw by Solvent Treatment, EMSES2015, Krabi, 2015年6月12日	口頭発表
27	国内学会	蘆田隆一、高橋諒、河瀬元明、三浦孝一(京都大学)、低品位炭・バイオマス廃棄物の溶剤改質法における改質機構の検討、第24回日本エネルギー学会大会、札幌コンベンションセンター、2015年8月3日、4日	口頭発表
27	国際学会	Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Science and Technology towards Clean and Efficient Use of Low Rank Coal, , 2015 ICCS&T/ACSE, Melbourne, Australia, 27 Sept - 01 Oct 2015.	招待講演

27	国際学会	Hiroyasu Fujitsuka, Trairat Muangthong-on, Hideaki Ohgaki, Ryuichi Ashida, Kouichi Miura (Kyoto University), "Pyrolysis and Gasification Characteristics of Upgraded Products Produced by Degradative Solvent Extraction of Low Rank Coal", International Conference on Coal Science and Technology (ICCS&T), Melbourne, Australia, 29 September-1 October 2015	ポスター発表
27	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura (Kyoto University), "Upgrading Mechanism in Degradative Solvent Extraction of Low-Rank Coals or Biomass Wastes", International Conference on Coal Science and Technology (ICCS&T), Melbourne, Australia, 29 September-1 October 2015	口頭発表
27	国際学会	奥山 憲幸, 神戸製鋼所, Concept of solvent system in the Solvent Upgrading Process compare with a Coal Treatment and a Biomass Treatment, ICCS&T, Melbourne, 2015年9月30日	口頭発表
27	国際学会	田村真実、加藤貴弘、菅原勝康ら(秋田大学): Desulphurization of Coal Soluble Using Ionic Liquids, International Conference on Coal Science & Technology (Melbourne, Australia, 9月29日,)	口頭発表
27	国内学会	蘆田隆一、高橋諒、河瀬元明、三浦孝一(京都大学)、低品位炭・バイオマスの溶剤改質法における改質機構の検討、第52回石炭科学会議、伊勢市観光文化会館、2015年10月28日～30日	口頭発表
27	国内学会	田村真実、加藤貴弘、菅原勝康ら(秋田大学):イオン液体による石炭抽出物の脱硫, 第52回石炭科学会議(伊勢, 10月28日)	口頭発表
27	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Ryuichi Ashida and Kouichi Miura (Kyoto Univ.), Effects of air oxidation on the properties of upgraded products derived from the solvent treatment of low-rank coal and biomass as a precursor of carbon fiber, 第52回石炭科学会議、伊勢市観光文化会館、2015年10月28日～30日	口頭発表
28	国内学会	三浦孝一(京都大学), 石炭利用と反応工学, 化学工学会第48回秋季大会, 徳島大学, 2016年9月6～8日	招待講演
28	国内学会	三浦孝一、大垣英明、佐藤延介、高木建二、松本雅治,低品位炭の低温度域での湿潤空気中での酸化反応速度の解析,第53回石炭科学会議(福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国内学会	Janewit Wannapeera, Hideagi Ohgaki, Kouichi Miura,Preparation of Biomass Derived Extract as a Carbon Fiber Precursor by Air Oxidation and N2 Purge Methods, 第53回石炭科学会議(福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国内学会	田村真実、加藤貴宏、大川浩一、菅原勝康, イオン液体を用いた多段操作による石炭抽出物の脱硫, 第53回石炭科学会議(福山, 10月26-27日)	口頭発表

28	国内学会	Trairat MUANGTHONG-ON, Hideagi OHGAKI, Kouichi MIURA, Examination of Spontaneous Combustibility of Solvent Treated Coal and Biomass Using Differential Scanning Calorimetry, 第53回石炭科学会議 (福山, 10月26-27日)	口頭発表
28	国際学会	Noriyuki Okuyama, Koji Sakai, Shigeru Kinoshita, Takuya Yoshida, Kouichi Miura, Solvent recycling conditions of the solvent upgrading process for rice straw, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Trairat Muangthong-on, Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Examination of self-heating tendency of solvent treated coal and biomass using differential scanning calorimetry, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Trairat Muangthong-on, Janewit Wannapeera, Hideaki Ohgaki, Kouichi Miura, Effect of solvent on degradative solvent extraction of low rank coal and biomass waste, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Ryuichi Ashida, Ryo Takahashi, Motoaki Kawase, Kouichi Miura, Upgrading mechanism of biomass in degradative solvent extraction, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Katsuyasu Sugawara, Mami Tamura, Takahiro Kato, Hirokazu Okawa, Desulfurization of coal soluble by multistep extraction using ionic liquids, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Takahiro Kato, Yuuki Nagai, Hirokazu Okawa, Katsuyasu Sugawara, Sulfur removal from Thai lignite by liquid-phase oxidation, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
28	国際学会	Atsushi Ikeda, Satoshi Umemoto, Kenji Tanno, Shiro Kajitani, Hisao Makino, Combustion and gasification reactivity of low rank coal residue produced by degradative solvent extraction, The 6th Sustainable Energy and Environment (SEE2016), Bangkok, 28 - 30 November 2016	口頭発表
29	国内学会	J. Wannapeera, H. Ohgaki, K. Miura, Preparation of Carbon Fiber and Activated Carbon Fiber from Clean Low Molecular Weight Fraction obtained from the Degradative Solvent Extraction of Biomass, 第26回日本エネルギー学会大会, 名古屋, 8月1-2日	口頭発表

29	国際学会	J. Wannapeera, R.Ashida, H. Ohgaki, K. Miura, Production of carbon fiber and activated carbon fiber from the extract produced from the degradative solvent extraction of biomass, Proceedings of 2017 ICCS&T	口頭発表
29	国内学会	T. Muangthong-on, J. Wannapeera, 大垣英明, 三浦孝一, TG-DSCによる褐炭の乾燥時の水の脱着過程, ならびに乾燥褐炭への水蒸気の吸着過程のエンタルピーの測定, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表
29	国内学会	T. Muangthong-on, J. Wannapeera, 大垣英明, 三浦孝一, TG-DSCによる溶剤改質炭の自然発火性の評価, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表
29	国内学会	三浦孝一, J. Wannapeera, 大垣英明, DAEM法と等温ガス化法による石炭酸化反応の全温度域での速度解析, 第54回石炭科学会議, 秋田, 10月18-19日	口頭発表
29	国内学会	加藤貴宏、田村真実、大川浩一、菅原勝康(秋田大学)、石炭の溶剤抽出における硫黄の分配挙動、第54回石炭科学会議、秋田、10月18日	口頭発表
29	国内学会	小野寺凱、加藤貴宏、大川浩一、菅原勝康(秋田大学)、過酸化水素と無水酢酸を用いたハイパーコールの酸化脱硫、第54回石炭科学会議、秋田、10月18日	口頭発表
29	国内学会	熊谷森、中村彩乃、村上賢治、菅原勝康(秋田大学)、稲わら溶剤抽出物の接触水素化に及ぼす反応条件の影響、第54回石炭科学会議、秋田、10月19日	口頭発表
29	国内学会	池田敦, 梅本賢, 丹野賢二, 梶谷史朗, 牧野尚夫、「石炭の溶剤改質残渣の燃焼特性に対する影響因子の検討」、粉体工学会第53回夏期シンポジウム、大阪、11月16日(2017)	口頭発表

	3件
	33件
招待講演	1件

VI. 成果発表等

(3) 特許出願【研究開始～現在の全期間】(公開)

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1													
No.2													
No.3													

国内特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号 (未登録は空欄)	登録日 (未登録は空欄)	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1													
No.2													
No.3													

外国特許出願数 0 件
 公開すべきでない特許出願数 0 件

VI. 成果発表等

(4) 受賞等【研究開始～現在の全期間】(公開)

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 (「〇〇の開発」など)	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
26	2014/10/22	優秀賞	低品位炭素資源の溶剤改質物の熱分解挙動	藤墳大裕	日本エネルギー学会	1.当課題研究の成果である	
26	2014/11/21	Best paper runner-up award	Examination of Carbon Fiber Production from the Extracts Produced from the Solvent Treatment of Biomass	Janewit Wannapeera	JGSEE	1.当課題研究の成果である	
27	2016/2/26	日本エネルギー学会進歩賞(学術部門)	高温溶剤抽出を利用した石炭の前処理法の開発	蘆田隆一	日本エネルギー学会	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
28	2016/11/30	Best Paper Award	Combustion and gasification reactivity of low rank coal residue produced by degradative solvent extraction	池田敦、梅本賢、丹野賢二、梶谷史朗、牧野尚夫	JGSEE、京都大学	1.当課題研究の成果である	

4 件

②マスコミ(新聞・TV等)報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 (選択)	特記事項
26		Thai-Japan research to increase the value of coal	Thai-Japan research to increase the value of coal	科学面	1.当課題研究の成果である	

1 件

VI. 成果発表等

(5) ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】(公開)

① ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 (開催国)	参加人数 (相手国からの招聘者数)	公開/ 非公開の別	概要
26	H26年8月 4-5日	グループ全体会議	神戸製鋼所 高砂	27人(KS:4人, 国内:13人, タイ国:7人)	非公開	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびタイ国導入計画半連続装置に関する打合せ
26	H26年11 月18日	SATREPS Workshop	Anantara Bangkok (Bangkok, Thailand)	安岡研究主幹, JICAタイ事務所代表, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で26名	公開	JICA主催のタイで実施されている3つのSATREPSの合同ワークショップ。各SATREPSの意義・成果をタイ国
26	H27年2月 2日	グループ全体会議	電力中央研究所 横須賀	21人(KS:3人, 国内:13人, タイ国:5人)	非公開	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH27年度の計画
26	H27年2月 7日	17th Kyoto University Southeast Asia Forum	Twin Tower (Bangkok, Thailand)	21人(KS:3人, 国内:13人, タイ国:5人)	公開	“Developing New Technologies for Utilizing Biomass Wastes in Thailand” – Introduction of A Japan-Thailand SATREPS Project –
27	H27年6月 12日	The 12th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium,	Krabi (Thailand)	21人(国内:10人, タイ国:11人)	公開	JICA主催のタイで実施されている3つのSATREPSの合同ワークショップ。各SATREPSの意義・成果をタイ国
27	H27年2月 12日	グループ全体会議	秋田ビューホテル、秋田市	22人(国内:12人, タイ国:10人)	非公開	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH28年度の計画
27	H27年3月 1日	Japan-Thailand SATREPS Workshop 2016	KMUTT Bangkoktuen Campus (Thailand)	21人(JST:1名, JICA:1名, ASEAN招待者:18人, 国内:16人, タイ国:20人)	公開	JST特別経費により開催。本プロジェクトのASEAN諸国への紹介、導入機材見学会の実施、ASEAN諸国への成果の展開について議論。

28	H28年5月18日	グループ全体会議	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICAタイ事務所田中所長他5名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で20名	非公開	特に, タイでの本プロジェクトの進捗状況について報告, 今後の計画の議論。導入装置の視察
28	H28年11月22日	中間成果報告会	JGSEE/KMUTT (Banguntien, Thailand)	JICA中間評価チーム3名, JST安岡研究主幹, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で25名	非公開	プロジェクトのこれまでの進捗状況について各グループより報告。JICA中間評価チームの質疑への応答。今後の計画の議論。導入装置の視察
28	H29年2月12日	グループ全体会議	新日鐵住金エンジニアリング会議室、北九州市	21人(国内:12人, タイ国:7人)	非公開	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, およびH29年度以降の計画について議論
29	H29年11月23日	29年度成果報告会	PTT Main Office (Bangkok, Thailand)	26人(国内:13人, タイ国:10人)	非公開	JICAプログラムにおける各機関の進捗報告, および最終年度の計画, 研究のまとめ方について議論
29	H30年2月22日	グループ全体会議	京都大学エネルギー理工学研究所、宇治市	17人(国内:11人, タイ国:6人)	非公開	JSTプログラムにおける各機関の進捗報告, および最終年度の計画, 研究のまとめ方について議論

12 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録(開催日、議題、出席人数、協議概要等)

年度	開催日	議題	出席人数	概要
----	-----	----	------	----

26	H26年11月18日	2014年度の研究総括と2015年度以降の研究計画	安岡研究主幹, JICAタイ事務所代表, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で26名	2014年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換
27	H27年11月16日	2015年度までの研究総括と2016年度以降の研究計画	JSTより2名, JICAタイ事務所代表他2名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2015年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換
28	H28年11月29日	2016年度までの研究総括と2017年度以降の研究計画	JSTより安岡研究主幹他1名, JICA中間評価チーム3名, JICAタイ事務所代表他2名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2016年度までの進捗報告と今後の進め方について意見交換
29	H29年11月22日	2017年度までの研究総括と最終年度に向けた研究計画	JSTより小林氏他1名, JICAより三宅タイ事務所副所長他3名, タイ政府関係機関より4名, 両国プロジェクトメンバー, オブザーバー全体で33名	2017年度までの進捗報告と最終年度の進め方について意見交換。PTTに導入された半連続抽出装置の見学

研究課題名	低品位炭とバイオマスのタイ国におけるクリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発
研究代表者名 (所属機関)	三浦 孝一 (京都大学エネルギー理工学研究所)
研究期間	平成25年12月20日～平成31年3月31日 (2013/Dec/20～2019/Mar./31)
相手国名/主要 研究機関	タイ王国/The Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) King Mongkut's University of Technology Thonburi, PTT Research and Technology Institute, PTT Public Company Limited

付随的成果

日本政府、 社会、産業 への貢献	・共同研究、研究者交流を通じてタイ国における日本の科学技術外交への貢献
科学技術の 発展	・溶剤改質という新規な技術により、低品位炭、バイオマスの新たな利用法の開発 ・東南アジア諸国への展開による低品位炭、バイオマス資源利用技術の一層の発展
知財の獲得、 国際標準化の推進、 生物資源への アクセス等	・知的財産における特許出願・取得数10 ・関連する知的財産に関する守秘義務協定や技術移転協定等の知財管理ノウハウの蓄積 ・ASEAN諸国への技術の普及による知財の国際化
世界で活躍 できる日本人 人材の育成	・日本側の若手研究者の問題解決力や国際共同研究運営能力の向上 ・SATREPSと、京都大学主催のSFE Forumの強化により、東南アジア規模での若手研究者の養成
技術及び人的 ネットワークの 構築	・タイ国と我が国の企業・大学研究者研究ネットワーク構築及び産学官連携の推進
成果物	・査読付き論文誌への掲載数15 ・合同ワークショップを開催し、ASEAN諸国への技術の普及

上位目標

低品位炭や食料と競合しない廃バイオマス資源を高効率でクリーン液体燃料、機能性炭素材料、化学原料に変換する基盤技術の成果が東南アジア諸国に広く還元される。

Solubleの粘結材としての優位性、新規Bio-fuel、炭素繊維製造技術の優位性が製鉄業、石油精製業などに認められて実用化の促進

プロジェクト目標

低品位炭及びバイオマス廃棄物の高効率かつクリーンな利用技術の開発。
(低品位炭：灰分・水分含有量1%以下の改質物。バイオマス廃棄物：Biofuelの転換率Max. 70% (炭素基準)、S分 50 ppm以下)

